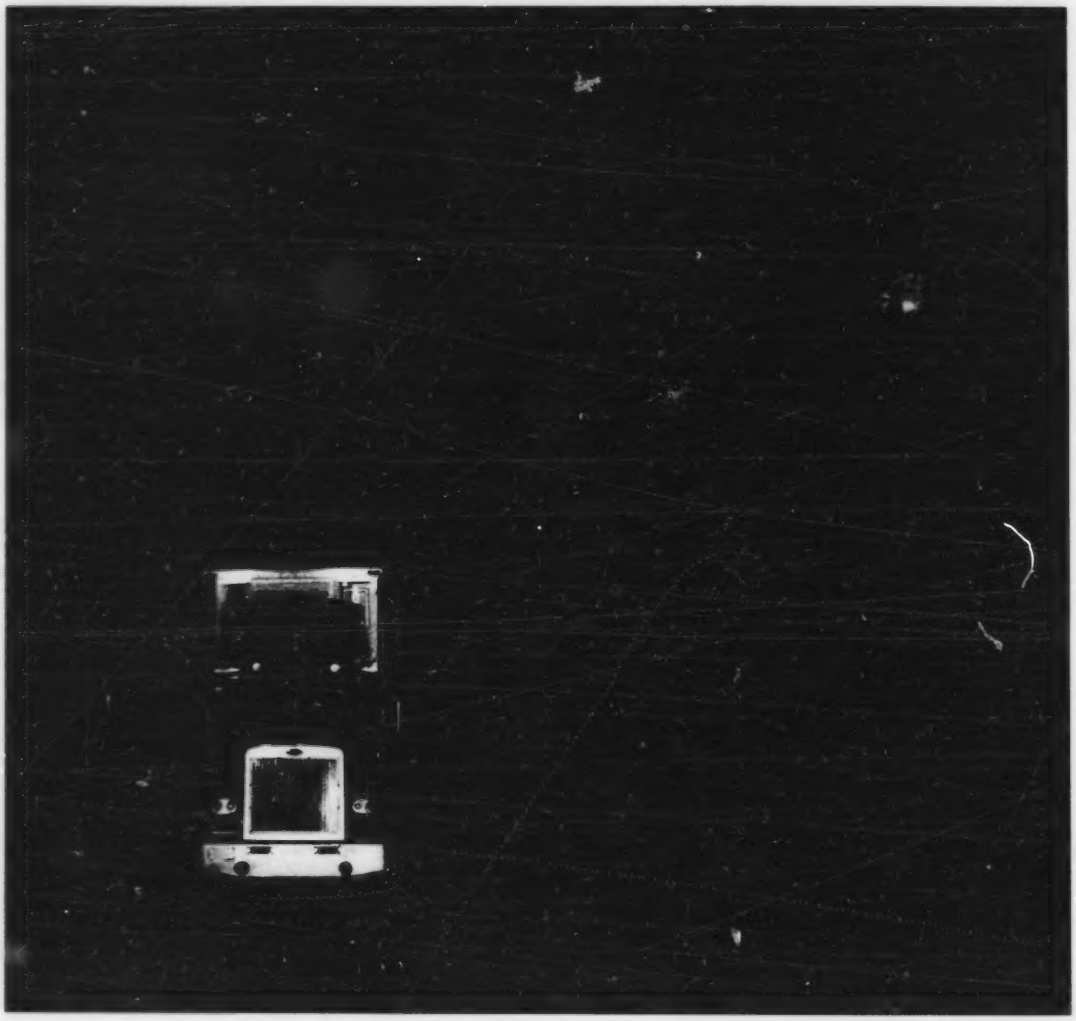
Trucks and Air Emissions

September 2001
Final Report



EPS 2/TS/14 - September 2001
Air Pollution Prevention Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

Environment Canada Environnement Canada

Canada

ENVIRONMENTAL PROTECTION SERIES

Sample Number:

EPS	3	/	HA	/	1

Report number with the qualifier EPS 3/HA
Subject Area Code
Report Category
Environmental Protection Series

Categories

1	Regulations/Guidelines/Codes of Practice
2	Problem Assessment and Control Options
3	Research and Technology
4	Literature Reviews
5	Surveys
6	Social, Economic and Environmental Impact Assessments
7	Surveillance
8	Policy Proposals and Statements
9	Manuals

Subjects

AG	Agriculture
AN	Anaerobic Technology
AP	Airborne Pollutants
AT	Aquatic Toxicity
CC	Commercial Chemicals
CE	Consumers and the Environment
CI	Chemical Industries
FA	Federal Activities
FP	Food Processing
HA	Hazardous Wastes
IC	Inorganic Chemicals
MA	Marine Pollutants
MM	Mining and Ore Processing
NR	Northern and Rural Regions
PF	Paper and Fibres
PG	Power Generation
PN	Petroleum and Natural Gas
RA	Refrigeration and Air Conditioning
RM	Reference Methods
SF	Surface Finishing
SP	Oil and Chemical Spills
SRM	Standard Reference Methods
TS	Transportation Systems
TX	Textiles
UP	Urban Pollution
WP	Wood Protection/Preservation

New subjects and codes are introduced as they become necessary. A list of EPS reports may be obtained from Environmental Protection Publications, Environmental Protection Service, Environment Canada, Ottawa, Ontario, K1A 0H3, Canada

© Her Majesty the Queen in Right of Canada (Environment Canada) 2001

102-00489/

Trucks and Air Emissions

September 2003
Final Report

EPS 2/TS/13 September 2003
Air Pollution Prevention Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

Environnement Canada Environment Canada

Canada

National Library of Canada cataloguing in publication data

Main entry under title :

Trucks and Air Emissions

(Report : EPS 2/TS/14)
"Final report"

Issued also in French under title : Les camions et les émissions atmosphériques.

Includes bibliographical references.

ISBN 0-660-18625-X
Cat. No. En49-24/1-53E

1. Trucks – Motors – Exhaust gas – Environmental aspects.
2. Diesel motor exhaust gas – Environmental aspects.
3. Motor fuels – Environmental aspects.
4. Air quality – Management – Canada.
I. Canada. Air Pollution Prevention Directorate.
II. Canada. Environment Canada.
III. Series: Report (Canada. Environment Canada) ; EPS 2/TS/14.

TL214.E93T78 2001 629.2528 C2001-980279-X

Table of Contents

Introduction 1

Trucks and Trucking in Canada 3
- Economic Importance 3
- Vehicle Populations and Demographics 3
  - *Registered Commercial Vehicles* 4
- Freight Movements 5
- Vehicle Manufacture 6

Emissions from Trucks 7
- Emission Fundamentals 7
- Current Emission Estimates 7
- Inter-Modal Emission Comparisons 8

Emission Control Programs 11
- North American Standards 11
  - *Model Year 1987-2003* 12
  - *Model Year 2004 and Later* 13
  - *Consent Decree* 13
  - *Model Year 2007 and Later* 13
- Europe 14
- The Rest of the World 15
- In-Service Inspection, Maintenance and Retrofit Programs 15
  - *Vehicle Inspection* 15
  - *Vehicle Age Management* 15
  - *Retrofit Programs* 16

Technological Solutions and Options 19
- Engine Technologies 19
- Diesel Fuel Properties 20
  - *Cetane* 20
  - *Sulphur* 20
- Alternative Fuels 21
  - *Natural Gas* 21
  - *Ethanol* 21
  - *Biodiesel* 22
  - *Hydrogen* 22
- Other Technologies 22

Vehicle Operation Options 23
- Speed Control 23
- Congestion 23
- Vehicle Weights and Dimensions 25
- Road Construction and Maintenance 25
- Driver Training 26

List of Figures and Tables

List of Figures

Figure 1 Employment in the Canadian Trucking Industry 3
Figure 2 Vehicle Weight Classification System 4
Figure 3 Percentage Distribution by Weight of Canadian Medium and Heavy-Duty Trucks 4
Figure 4 Truck Population Distribution by Province 4
Figure 5 Age Distribution of Trucks 5
Figure 6 Fuel Use Distribution in Trucking 5
Figure 7 Heavy-Duty Truck Emission Contributions 8
Figure 8 Source of Transportation Greenhouse Gas Emissions, 1997 8
Figure 9 Truck Weight and Efficiency 9
Figure 10 Particulate Levels on Street in Copenhagen 20
Figure 11 Power Requirements versus Road Speed 23
Figure 12 Congestion Potential Indicators for Canadian Cities 24
Figure 13 Effect of Stops on Light-Duty Vehicle Fuel Consumption 24

List of Tables

Table 1 Freight Movement in Canada, 1998 6
Table 2 For-Hire Trucking Activity by Commodity, 1998 6
Table 3 1995 Estimates of Total Canadian Emissions 8
Table 4 Truck versus Locomotive Emission Rate Comparisons 9
Table 5 U.S. and Canadian Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines 12
Table 6 California Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines 12
Table 7 U.S. Emission Standards for Model Year 2004 and Later Heavy-Duty Diesel Engines 13
Table 8 European Union Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines 14
Table 9 Emission Standards for Diesel and Gas Engines, ETC Test 14
Table 10 Japanese Heavy Vehicle Emission Standards 15
Table 11 Swedish Retrofit Requirements 17
Table 12 Effect of Speed on Truck Fuel Consumption 23

Disclaimers

This report was prepared by the Consultant for Environment Canada and the Air Pollution Prevention Directorate. Publication of this report does not necessarily imply that the contents reflect the views and policies of Environment Canada.

Neither Environment Canada, the Air Pollution Prevention Directorate, nor the Consultant, nor any other person acting on their behalf, makes any warranty, express or implied, or assumes any legal responsibility for the accuracy of any information or for the completeness or usefulness of any apparatus, product or process disclosed, or accepts liability for the use, or damages resulting from the use, thereof. Neither do they represent that their use would not infringe upon privately owned rights.

Any reference in this report to any specific commercial product, process or service by tradename, trademark, manufacturer or otherwise, does not necessarily constitute or imply its endorsement or recommendation by Environment Canada.

Acknowledgements

The author would like to acknowledge the information provided by the following groups and individuals:

The Canadian Trucking Alliance
DieselNet.com
Fred Nix
Transport Canada, Economic Analysis Branch

Prepared for

Transportation Systems Branch
Air Pollution Prevention Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada

By

Gordon W.R. Taylor, *P.Eng*
Woodland, ON

Readers' Comments

Comments and inquiries about the content of this report should be addressed to:

Air Pollution Prevention Directorate
Environmental Protection Service
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0H3

Additional copies of this report are available from:

Inquiry Centre
Environment Canada
Ottawa, Ontario
K1A 0H3

Introduction

This document brings together an assortment of facts and figures about trucks, their activities and the impact of those activities on the Canadian environment. It is designed as a general primer on the subject. Readers who wish to learn more are encouraged to access the referenced documents and agencies.

Trucks play a key role in our society and are important in maintaining our standard of living. They are responsible for virtually all final deliveries of everything we buy, from cars to food. In addition, all our municipal service providers rely on trucks to build and repair roads and to install and maintain telephone and electricity lines. The technology that is designed into trucks is often leading edge: advanced electronic controls and diagnostics, driver management systems and satellite communications are commonplace in large fleets. This technology has been introduced not just for operational efficiency but also to control the engine's performance and reduce vehicle emissions. Since the 1970s, trucks have reduced their emissions by over 80%, decreased their fuel consumption rate by 50% and increased their payload efficiency, as measured in litres/tonnes per kilometre (L/t-km), by 300%.

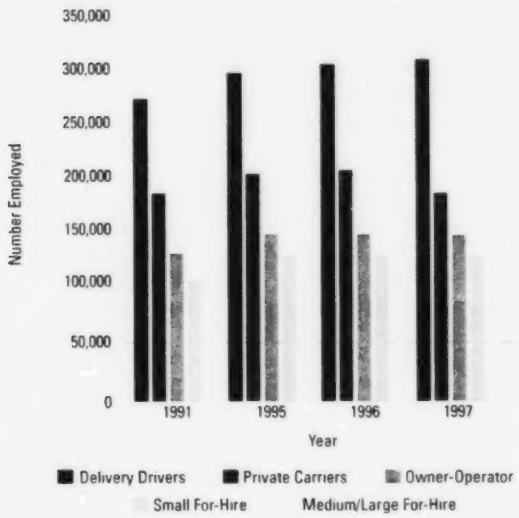
Despite these advances, trucks are still contributing a significant portion of air emissions in Canada. To reduce the impact, governments at all levels are continuing to tighten the standards for both new and in-service vehicles. Trucks in the future will be used even more and will pollute less through the adoption of new technologies and fuels. The resulting increased costs of owning and operating vehicles will flow through the economy as slightly higher transportation costs. However, the benefits will be tangible in cleaner air in our cities and a reduction in the health costs imposed by air pollution.

Trucks and Trucking in Canada

Economic Importance

Currently, trucking in Canada is a $40-billion industry that employs close to 400,000 Canadians. As seen in **Figure 1**, over 300,000 of these are employed directly in the trucking industry; the balance are employed in the heavy vehicle industry, in manufacturing, sales, support and parts[1]. Trucks move 90% of all consumer products and foodstuffs within Canada.

Figure 1 | Employment in the Canadian Trucking Industry



Trade is a major factor in Canada's economic growth, and Canada's trade with the United States represents 80% of our total international trade. With most major centres in the U.S. industrial heartland often less than one day's truck drive away, it is not surprising that trucks haul the vast majority of Canada's exports and imports. More than 70%, by value, of Canada's trade with the United States is shipped by truck. Without trucking, our standard of living would be lower and Canadians would be unable to enjoy many of their favourite consumer products.

Other facts about trucking in Canada are:

- Truck traffic across the Canada-United States border averages one truck every three seconds.
- Trucks carry more than $30 million in exports and imports across the border every hour.
- There are over 12,500 Canadian trucks using satellite communications.
- "Truck driver" was the most frequently listed occupation for males in the last census.
- Trucks carry 75%, by value, of all Canadian manufactured goods.
- There are over 612,000 truck trips a week on Canada's main highway network.

All forecasts point to an even greater reliance on trucks in the future. Transport Canada research suggests that for-hire truck traffic will increase by twice the rate of the rail and marine modes in the coming decade[2]. The overall market share of trucking could rise by 12% over the same period, while the shares of the rail and marine modes will decline.

Vehicle Populations and Demographics

Vehicle population data are derived from vehicle registration files, and as weight is a key defining factor in both the fees paid and operational characteristics, the gross vehicle weight (GVW)[3] is used to classify trucks. **Figure 2** presents the standard eight-class GVW segmentation system used throughout North America and illustrates some of the types of truck bodies and applications that are typical of the weight classes.

1. Transport Canada, *Transportation in Canada 1999*, Annual Report, TP13198E.
2. Transport Canada, Economic Analysis Branch, Marine and Surface Statistics and Forecasts (ACAC).
3. This is the maximum allowable weight of the truck and includes the tare or empty weight plus payload weight.

Figure 2 | Vehicle Weight Classification System

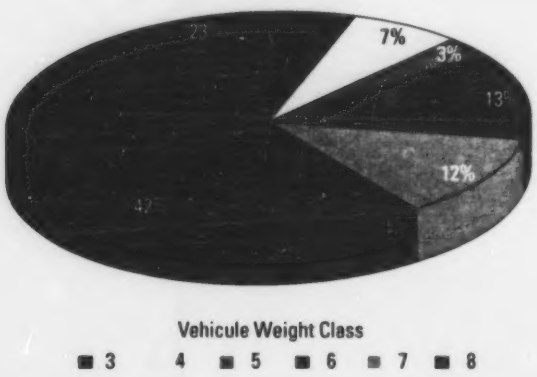
Gross Vehicle Weight (lbs) *	Weight Classes	VIUS ** Categories	Vehicle Type
33,001 or greater	Class 8	Heavy-Heavy	
26,001-33,000	Class 7	"	
19,501-26,000	Class 6	Light-Heavy	
16,001-19,500	Class 5	Medium-Duty	
14,001-16,000	Class 4	"	
10,001-14,000	Class 3	"	
6,001-10,000	Class 2	Light-Duty	
6,000 or less	Class 1	"	

* Includes weight of empty vehicle plus payload.
** VIUS = U.S. Department of Transportation Vehicle Inventory and Use Survey.

Registered Commercial Vehicles

Commercial trucks are usually defined as vehicles over 10,000 pounds or 4.5 tonnes (Class 3). Trucks below this weight limit, while they may be used for commercial purposes, are most often privately owned vans or pick-up trucks. These lighter vehicles fall within the emissions and safety regulations of light-duty vehicles. Commercial vehicle populations in 1998 – the most recent year for which estimates (derived from provincial vehicle registration files) are available – stood at approximately 711,000. As seen in **Figure 3**, the majority of these (54%) are large vehicles in the Class 7 and 8 weight range.

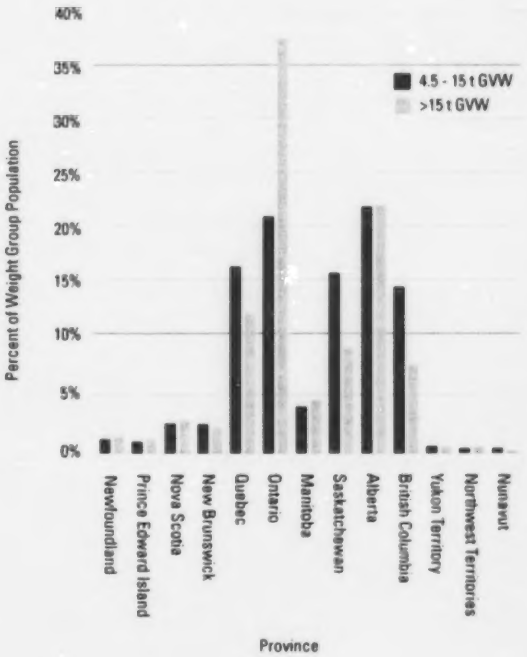
Figure 3 | Percentage Distribution by Weight of Canadian, Medium- and Heavy-Duty Trucks



[4] Statistics Canada, *Canadian Vehicle Survey*, 4th quarter, 1999.

As trucks are directly related to economic activity, it is not surprising that the population distribution of vehicles within Canada mirrors the size and economic wealth of Canada's provinces. As seen in **Figure 4**, Ontario has the largest truck fleet, followed by Alberta. Ontario is the clear leader in the big Class 8 trucks, with 38% of the entire Canadian population. However, when the smaller trucks are segmented, Alberta and Ontario are essentially tied, at 22% for Ontario and 23% for Alberta, and Quebec and Saskatchewan are a close second at 16% each.[4] Most of these smaller trucks are used for agricultural purposes in the prairie region.

Figure 4 | Truck Population Distribution by Province



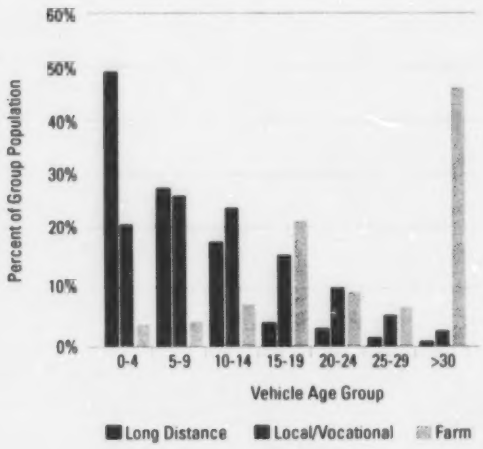
The age of trucks is important in assessing their environmental and energy impact. New vehicles are manufactured to higher performance standards and thus have a relatively lower impact on both air pollution and energy use. The operating fleet can be broadly divided into three main types of operations:

- commercial carriers engaged in long-distance freight movement;

- locally operating trucks such as dump trucks and municipal vehicles; and
- agricultural vehicles used for hauling fertilizers, grains and produce.

Each of these groups has different age and operational characteristics. The long-haul truckers work in a fiercely competitive marketplace and thus have to have the best and most efficient equipment possible to keep their operating costs low. In part they have done this by owning a relatively young stock of vehicles. As can be seen in **Figure 5**, almost 50% of long-haul trucks are less than four years old. In comparison, only 20% of local/vocational vehicles are less than four years old, and 56% are more than 10 years old. The agricultural sector has the oldest trucks, with an estimated 90% more than 10 years old.

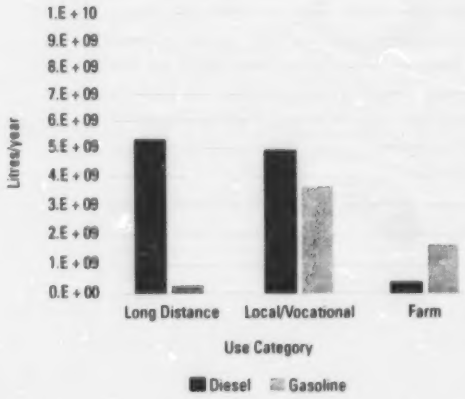
Figure 5 | **Age Distribution of Trucks**



Fortunately, the farm vehicles are used only about one tenth as much as the long-haul trucks, which average over 160,000 km a year. When the age, size, fuel and usage data on trucks are integrated into an estimate of the fuel use by each of these three groups, the results (see **Figure 6**) show that:[5]

- local and vocational trucks use the most fuel at 54% of the total;
- 64% of all trucking fuel used is diesel;
- 93% of ail long-haul truck fuel is diesel (51% of all diesel);
- 66% of all truck gasoline is used by local/ vocational trucks; and
- over 80% of the fuel used in farming is gasoline.

Figure 6 | **Estimated Distribution of Fuel Use by Commercial Vehicle Use**



Freight Movements

Highly accurate numbers on the use of trucks in freight transport are difficult to assemble in Canada as the private trucking community is not well surveyed. There is substantially more information about the for-hire sector.

Table 1 shows that 429 million tonnes of freight were moved within Canada in 1998.[6] Rail and marine realized over 70% of their activity in the shipping of primary goods and crude materials, while for-hire trucking realized about the same but in manufactured and fabricated materials.

[5] Taylor, G., *The Potential for GHG Reductions from Scrappage Programs for Older Trucks and Engines*, National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, 1999.

[6] Transport Canada, *Transportation in Canada, 1999*, TP13198E.

Table 1 | Freight Movement in Canada, 1998

Commodity	Domestic Transportation Flows (Millions of Tonnes)				
	Rail	Marine	For-Hire Trucks	Air	Total
Primary Products					
Grains	26.0	5.2	4.7	-	35.9
Forest Products	19.6	8.7	27.5	-	55.8
Metallic Ores	49.2	7.1	1.3	-	57.6
Non-metallic Minerals	21.5	10.7	13.8	-	46.0
Minerals Fuels	38.8	1.7	5.2	-	45.7
Sub-Total	**155.1**	**33.4**	**52.5**	**-**	**241.0**
Manufacured Products	47.3	14.9	125.3	0.5	188.0
Total, All Products	**202.4**	**48.3**	**177.8**	**0.5**	**429.0**

Table 2 | For-Hire Trucking Activity by Commodity, 1998

Commodity	For-Hire Trucking Activity Revenues					
	Domestic		International		Total	
	(Millions)	%	(Millions)	%	(Millions)	%
General Freight	$2,057.10	41.5	$2,243.10	46.3	$4,900.20	43.6
Food Products	1,186.50	18.5	633.20	13.1	1,819.60	16.2
Forest Products	871.20	13.6	735.40	15.2	1,606.60	14.3
Automotive Products	350.50	5.5	561.30	11.6	911.80	8.1
Steel & Alloys	395.80	6.2	359.70	7.4	755.40	6.7
Chemical Products	368.30	5.8	220.30	4.5	588.50	5.2
Petroleum Products	343.60	5.4	42.00	0.9	385.60	3.4
Non-metallic Minerals	205.40	3.2	44.90	0.9	250.30	2.2
Metals/Ores	22.90	0.4	7.30	0.1	30.20	0.3
Total Revenues	**$6,401.20**	**100**	**$4,847.20**	**100**	**$11,248.40**	**100**

The trucking share would be higher if the activities of small for-hire carriers, private trucking carriers and owner-operators could be taken into account. One study has estimated that the private trucking industry had revenues of $15.4 billion in 1993.[*] Of this total, $12 billion, or 78%, was in urban areas. In addition, in urban areas such as Montreal, 37% of all the private trucks were municipal or utility vehicles that deliver services as opposed to goods. It is important to note that long-haul highway trucks tend to be newer than the urban fleet, as mentioned above, and thus the highway fleet not only incorporates the best and latest technology for fuel efficiency but also has the newest emissions control systems.

In terms of long-distance traffic volume measured by tonne-kilometres (t-km), general freight accounted for 26.4 billion t-km domestically, or 34.5% of all domestic traffic, and 24.3 billion t-km to the United States and Mexico, or 39.5% of all international traffic. Combined, this represented almost 37% of total tonne-kilometres in 1998.

In aggregate, general freight, food products and forest products accounted for almost 75% of long-distance carriers' total tonne-kilometres in 1998. **Table 2** shows the volume of for-hire trucking traffic by major commodity group for 1998.

Vehicle Manufacture

The truck manufacturing industry is also an important aspect of the Canadian economy. While the truck manufacturing industry is global in nature, a number of assembly plants in Canada supply truck products to Canadians and to our NAFTA trading partners. These companies include:

- Freightliner Corporation – a division of Daimler-Chrysler;
- International Transportation Equipment Corp. (Navistar);
- Kenworth Trucks – a division of the Paccar Group; and
- Western Star Trucks – recently acquired by Freightliner Corp.

In addition to these manufacturers of basic truck chassis, there are over 2,000 companies involved in manufacturing finishing components for trucks such as dump bodies, van bodies, etc., and trailers that are pulled by the truck "tractor." These trailers can be in a variety of configurations including a dry freight van, refrigerated van, flat deck, stake van, etc. These manufacturers are located throughout Canada and provide local product manufacturing, service and support. There are no manufacturing facilities for large diesel engines at present in Canada.

[*] ADI Ltd., *Profile of Canada's Private Trucking*, Industry Canada, Automotive Branch, 1995.

Emissions from Trucks

Engines that power trucks are designed to operate on gasoline or diesel fuel. Diesel is the fuel of choice for vehicles with high utilization, such as long-distance trucks, because the diesel engine is the most efficient of all known types of internal combustion engine. All over the world, heavy trucks, urban buses and industrial equipment are powered almost exclusively by diesel engines. Although the diesel engine currently has significant environmental impacts, there will be some important progress in diesel emission control over the next decade, and the diesel engine is likely to remain the dominant engine in the future.

Emission Fundamentals

Internal combustion engines are large contributors to air pollution, which has a damaging impact on our health and the environment and is suspected of causing global climate changes. All internal combustion engines produce emissions of:

- hydrocarbons (HC), which are partially burned fuel – these are also called volatile organic compounds (VOCs);
- carbon monoxide (CO), which is a product of an incomplete combustion of carbon;
- nitrogen oxides (NOx), which are the product of high-temperature combustion of nitrogen (present in air);
- particulates or particulate matter (PM), which are agglomerations of fuel soot and sulphur particulates caused by incomplete combustion;
- carbon dioxide (CO_2), which is the complete combustion product of carbon in the fuel;
- sulphur oxides (SOx), which are created by the combustion of the sulphur contained in fuel, especially diesel fuel; and
- greenhouse gases (GHGs), which include CO_2, CO and NOx.

The first four of these pollutants are regulated under the current emission standards throughout the world. The other pollutants have been considered for regulations, as have other constituents of emissions that have toxic environmental effects.

Current Emission Estimates

Emissions from vehicles are the result of vehicle use; thus, the number of vehicles, their vintage, fuel, type, usage pattern and location (terrain and climate) all affect emissions. Environment Canada, through modelling of the vehicle fleet, has developed estimates of the total annual emissions from trucks in Canada. Emissions from all gasoline- and diesel-powered vehicles are a major source of air pollution, on a national basis contributing 32% of CO, 32% of NOx and 16% of VOCs. Trucks, however, produce only a small portion of this total. **Figure 7** indicates the percentage contribution of heavy vehicles to transportation emissions and shows that the major pollutants from trucks are particulates, SOx and NOx, while VOCs and CO are a relatively small portion of total truck emissions. In the National Emissions Inventory for 1995, heavy-duty vehicles accounted for 0.2% of particulate emissions, 1.7% of hydrocarbons (VOCs), 2.3% of CO, 2% of SOx and 16% of NOx.[1] **Table 3** includes a breakdown of these estimates for road vehicles.

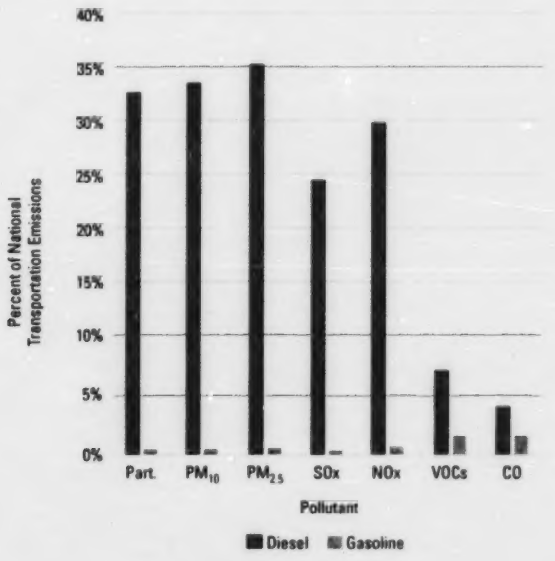
[1] Environment Canada, *1995 Emissions Inventory of Criteria Air Contaminants*, Ottawa, 1998.

Table 3 | 1995 Estimates of Total Canadian Emissions

Vehicle and Fuel Class	Annual Emissions (Tonnes)						
	Part.	PM_{10}	$PM_{2.5}$	SOx	NOx	VOCs	CO
Air Transportation	2,018	1,115	787	2,263	34,026	11,636	61,758
Heavy-Duty Diesel Vehicles	32,075	32,075	29,498	32,807	378,300	48,540	224,438
Heavy-Duty Gasoline Trucks	545	528	414	588	15,073	11,814	164,787
Light-Duty Diesel Trucks	1,304	1,304	1,203	1,535	5,567	2,600	4,626
Light-Duty Diesel Vehicles	379	379	347	632	1,978	747	1,667
Light-Duty Gasoline Trucks	2,586	2,509	1,986	4,399	112,437	142,425	1,461,808
Light-Duty Gasoline Vehicles	4,870	4,717	3,256	11,048	273,396	355,873	3,558,667
Marine Transportation	8,438	8,129	7,379	58,000	118,578	37,449	103,310
Motorcycles	16	16	11	34	630	2,027	10,873
Off-Road Use of Diesel	17,081	17,081	15,714	16,149	209,231	22,581	66,365
Off-Road Use of Gasoline	4,414	3,867	3,393	1,005	25,395	93,111	1,027,393
Rail Transportation	19,492	19,492	17,933	7,226	115,604	5,608	22,022
Tire Wear and Brake Lining	4,362	4,313	1,353	–	–	–	–
Total Transportation	**97,580**	**95,524**	**83,276**	**135,686**	**1,290,214**	**734,412**	**6,787,715**

PM_{10} = particles with aerodynamic diameter less than or equal to 10 micrometres.
$PM_{2.5}$ = particles with aerodynamic diameter less than or equal to 2.5 micrometres.

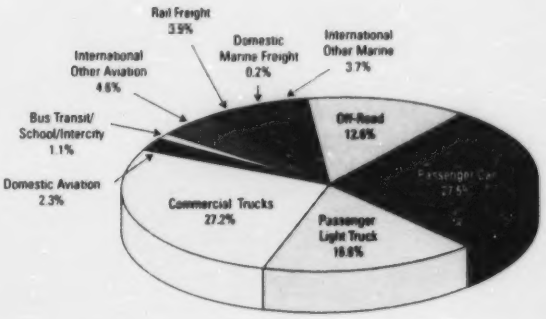
Figure 7 | Heavy-Duty Truck Emission Contributions



In 1996, diesel engines in trucks, and a few other vehicles, used 10.9 billion litres of diesel. This constitutes 5% of the demand for energy in Canada, 12.5% of the demand for refined petroleum products, and 24% of the demand for energy by road users.

Trucks contributed an estimated 27% of the total transportation emissions of greenhouse gases in 1997, as seen in **Figure 8**.

Figure 8 | Source of Transportation Greenhouse Gas Emissions, 1997



Source: *Transportation and Climate Change: Options for Action.* National Climate Change Program, Transportation Table, November, 1999.

Inter-modal Emission Comparisons

Freight transportation services in Canada are provided by road vehicles, railways, ships and aircraft. Discussions about which mode pollutes the least are fraught with methodological problems. The four modes compete for the freight transport market, and each mode has its own service characteristics that determine in which goods and regions it is most economically competitive.

Air freight, for instance, tends to be restricted to very light or high-value cargo. On the other end of the spectrum, inland marine freight consists of bulk commodities such as iron ore, coal and oil. Marine is also the prime mode for North American imports and exports. Trucks, because of their high mobility and relatively small unit size, are the preferred shipping mode for most manufactured goods and foods. Finally, rail competes best on long-haul routes and for bulk resource movements. For most industrial goods and produce, rail cannot operate without trucks, which deliver the goods to and from the railhead. Because of this, often road and rail collaborate by providing an intermodal shipping service, such as Canadian Pacific Railway's "Expressway," which is targeted at short – and medium-distance transport.

Which mode – road or rail – has the lowest emissions on a particular route? The complexity of the transport chain makes simple comparisons faulty. While rail has usually been found to be the most energy efficient or lowest emitter on single long-distance links, this type of route represents only a small portion of the total transport flow and the finding ignores the distribution issues at the rail end points. It also does not account for such confounding issues as:

- the nature of the cargo (e.g. lettuce versus gravel) – not all commodities have the same density or value;
- circuitry – not all routes are direct, and data exist that indicate that as much as 31% of rail or 15% of truck kilometres are extra due to route circuitry;
- service speed and/or frequency; and
- shipment loss and/or damage.

The basic emission standards for the two modes are compared in **Table 4**. Truck emission rates are significantly lower for PM and NOx but higher for HC and CO. The higher values for HC and CO are caused by the differences in test cycle – the truck driving cycle is much more dynamic than that of a train, which has more constant speed operations. The higher speed variability causes higher emissions over the test cycle; however, in constant load tests, the truck CO and HC emissions would be at or below those of rail.

Truck fuel efficiency has more than doubled in the last 20 years, while emissions have been reduced. Thus a 34,000-kilogram (kg) truck can squeeze 2.3 times as many kilometres out of a litre of fuel in 2001 as it could in 1975.[10]

Table 4 | Truck versus Locomotive Emission Rate Comparison

Engine Type	Test Cycle	Emission Rates for 2000 Engines (g/bhp-hr)[9]			
		HC	CO	NOx	PM
Truck Engines	Transient Cycle	1.30	15.50	4.00	0.10
Locomotives	Line-haul	0.48	1.28	8.60	0.32
Locomotives	Switch	1.01	1.83	12.60	0.44

[9] G/bhp-hr = grams per brake horsepower per hour. Based on U.S. Environmental Protection Agency new vehicle and locomotive standards.

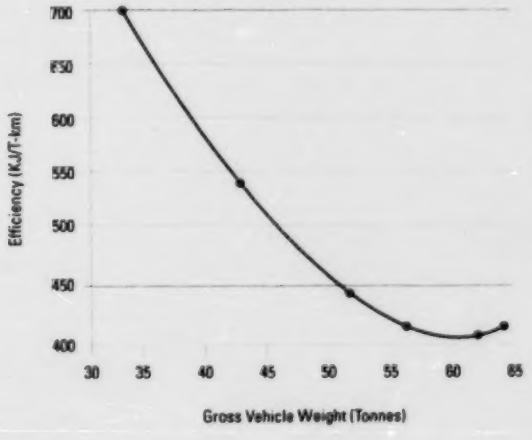
[10] Portions of the material in this section were extracted with permission from Nix, F. and LeBlanc, M, *Trucking in Canada*, Canadian Trucking Research Institute, Ottawa, 1995.

[11] Nix, F., *Trucks and Energy Use*, Canadian Trucking Association, Ottawa, 1991.

But this is only half the story. While trucks have become more fuel efficient, they have also become larger. In 1975, most of the freight in Canada moved on five-axle tractor-semitrailers with 35- or 40-foot trailers. Today, while five-axle tractor-semitrailers are still common, a great deal of domestic freight is handled by trucks with six or more axles. Trailer lengths are now much longer – the standard for much of the industry is 16.2 metres (53 feet) – and there are double- and even triple-trailer units in use in some places. To put this improvement in fuel consumption in context, consider that, in 1975, a typical load of a little over 20 tonnes could be handled for about 36.1 litres of fuel per thousand tonne-kilometres. In 1995, a typical load of 30 tonnes can be handled with 13.3 litres per thousand tonne-kilometres. This is almost a threefold increase, and the comparison considers only typical loads.

There are many really big trucks today that do considerably better. **Figure 9** demonstrates how fuel consumption rates decrease as truck weight increases. These data are for reasonably dense freight (over 200 kg per cubic metre). Freight on an eight-axle B-train (a long combination vehicle made up of a tractor pulling two semitrailers) operating at 62,500 kg uses 36% less fuel per tonne hauled than it would on a four-axle tractor-semitrailer operating at 31,600 kg.

Figure 9 | Truck Weight and Efficiency



Emissions Control Programs

The California government in 1959 started the control of vehicle emissions. Canada adopted its first set of vehicle standards in the early 1970s, following the lead of the U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Since that time, Canadian standards have closely paralleled U.S. standards. There have been some differences, however, due to regulatory process delays or decisions to wait for control technology to be developed and validated before it is imposed on Canadian new-vehicle purchasers.

Vehicle emissions are controlled through both vehicle manufacturing standards and in-service performance tests. Before the vehicle or engine can be sold, it must be certified by the manufacturer as meeting the emission standards in force at the time of its manufacture. The standards are defined in terms of the maximum mass of emissions per distance travelled in the case of light-duty vehicles (less than 3,855 kg) or brake horsepower per hour (bhp-hr) in the case of heavy-duty vehicles. The federal government regulates the emission standards for new vehicles, while the provinces have jurisdiction over in-service vehicles. The standards for new-vehicle emissions were originally set out under regulations in the Motor Vehicle Safety Act, which is administered by Transport Canada, with the emissions components of the act administered by Environment Canada. Recently, full responsibility for emission regulations has been transferred to Environment Canada under the *Canadian Environmental Protection Act, 1999*.

It is difficult for Canada to have significantly different standards from the United States because of the concentration of vehicle design and manufacture in U.S. plants and the large amount of cross-border trade, which demands compliance with U.S. standards.

North American Standards

The following emission standards[12] apply to new diesel engines used in heavy-duty highway vehicles. Virtually all large trucks use diesel engines. The current definition of a compression-ignition (diesel) engine is based on the engine cycle, rather than the ignition mechanism, with the presence of a throttle as an indicator to distinguish between diesel-cycle (compression-ignition) and Otto-cycle (spark-ignited) operation. Regulating power by controlling the fuel supply in lieu of a throttle corresponds with fuel lean combustion and the diesel-cycle operation. (This allows a natural gas-fuelled engine equipped with a spark plug to be considered a compression-ignition engine.)

In the U.S. and Canadian standards, heavy-duty vehicles are defined as vehicles of gross vehicle weight (GVW) above 3,855 kg. In the United States, under the light-duty Tier 2 regulation (to be phased in beginning in 2004), some vehicles of GVW up to 4,545 kg have been reclassified as "medium-duty passenger vehicles" and are subject to the light-duty vehicle legislation.

As with light-duty passenger vehicles, the regulations are based on collecting and measuring the total emissions from a vehicle or engine over a driving cycle. The driving cycles used have been developed and refined to provide a reasonable estimate of the total operating regime in which the vehicle will be operated. The idea is to control emissions in all possible operating modes and thus reduce the total emissions. For light-duty vehicles, the whole vehicle is tested on a dynamometer that simulates road driving conditions. For heavy-duty vehicles, because of the historical lack of truck-size dynamometers and the fact that truck engines are used in stationary as well as mobile applications, only the engine is tested on an engine dynamometer. As a consequence of this testing difference, the basic standards for engine-based certification are expressed in g/bhp-hr and require emission testing over the transient federal test procedure (FTP) engine dynamometer cycle that simulates actual use. However, chassis certification may be required for complete heavy-duty gasoline vehicles, with pertinent emission standards expressed in g/mile.

[12] Portions of the material in this section were supplied by and used with the permission of DieselNet.com.

The emission standards are designed to try to ensure compliance with emission standards throughout the "useful life" of the engine. Thus, manufacturers must test engines for durability, which has been defined as follows:

- light heavy-duty diesel engines – 8 years or 176,000 km (whichever occurs first);
- medium heavy-duty diesel engines – 8 years or 296,000 km; and
- heavy heavy-duty diesel engines – 8 years or 464,000 km.[13]

Additional emission testing requirements, which were introduced in 1998 for signees of the Consent Decree (discussed later) and which are part of the standards for 2004 and later, include the following:

1. The supplemental steady-state test was introduced to help ensure that heavy-duty engine emissions are controlled during steady-state type driving, such as a line-haul truck operating on a freeway. The test is identical to the European Union's 13-mode European Stationary Cycle (ESC) schedule (commonly referred to in the United States as the "Euro III" cycle). The supplemental steady-state test has the same numerical emission limits as the FTP standards.

2. The "not to exceed" (NTE) limits have been introduced as an additional instrument to make sure that heavy-duty engine emissions are controlled over the full range of speed and load combinations commonly experienced in use. The NTE approach establishes an area (the "NTE zone") under the torque curve of an engine where emissions must not exceed a specified value for any of the regulated pollutants.

   The NTE test procedure does not involve a driving cycle of any specific length (mileage or time). Rather, it involves driving of any type that could occur within the bounds of the NTE control area, including operation under steady-state or transient conditions and under varying ambient conditions. Emissions are averaged over a minimum time of 30 seconds and then compared to the applicable NTE emission limits. Under the EPA proposal, the specified value under which emissions must remain is 1.25 times the FTP standards.

Model years 1987-2003

Model years 1987-2003 Canadian, U.S. federal, and California emission standards for heavy-duty diesel truck and bus engines are summarized in **Tables 5 and 6**. Applicable to the standards for 1994 and subsequent years, sulphur content in the certification fuel has been reduced to 500 parts per million (ppm) by weight.

Table 5 | U.S. and Canadian Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines, g/bhp-hr

Year	HC	CO	NOx	HC+NOx	PM
1974	-	40.0	-	16.0	-
1979	-	25.0	-	10.0	-
1985	1.3	15.5	10.7	-	-
1987	1.3	15.5	10.7	-	0.60
1990	1.3	15.5	6.0	-	0.60
1991	1.3	15.5	5.0	-	0.25
1994	1.3	15.5	5.0	-	0.10
1998	1.3	15.5	4.0	-	0.10

Table 6 | California Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines, g/bhp-hr

Year	NMHC	THC	CO	NOx	PM
1987	-	1.3	15.5	6.0	0.60
1991	1.2	1.3	15.5	5.0	0.25
1994	1.2	1.3	15.5	5.0	0.10

NMHC = non-methane hydrocarbons.
THC = total hydrocarbons

[13] U.S. federal "useful life" requirements were later increased to 10 years for the urban bus PM standard (1994+) and for the NOx standard (1998+), with no change to the above mileage numbers.

Model Year 2004 and Later

In October 1997, the EPA adopted new emission standards for model year 2004 and later heavy-duty diesel truck and bus engines. These standards reflect the provisions of the Statement of Principles signed in 1995 by the EPA, the California Air Resources Board (ARB) and the manufacturers of heavy-duty diesel engines. The goal was to reduce NOx emissions from highway heavy-duty engines to levels of approximately 2.0 g/bhp-hr beginning in 2004. Manufacturers have the flexibility to certify their engines to one of the two options shown in **Table 7**.

Table 7 | **U.S. Emission Standards for Model Year 2004 and Later Heavy-Duty Diesel Engines, g/bhp-hr**

Option	NMHC+NOx	NMHC
1	2.4	N/A
2	2.5	0.5

All emission standards, other than those for NMHC and NOx, applying to 1998 and later model year heavy-duty engines will continue at their 1998 levels. However, the EPA has extended the definition of "useful life" for the heavy-duty diesel engine service class of 696,000 km, 22,000 hours or 10 years, whichever occurs first, for all pollutants beginning in model year 2004.

The U.S. federal 2004 standards for highway trucks are harmonized with the Canadian and California standards, so manufacturers can use a single engine or machine design for all markets.

Consent Decree

In October 1998, a court settlement was reached between the EPA, U.S. Department of Justice, California ARB and engine manufacturers (Caterpillar, Cummins, Detroit Diesel, Volvo, Mack Trucks/Renault and Navistar) over the issue of high NOx emissions from heavy-duty diesel engines during certain driving modes. Since the early 1990s, the manufacturers had used engine control software that caused engines to switch to a more fuel-efficient (but higher NOx) driving mode during steady highway cruising. The EPA considered this engine control strategy an illegal "emission defeat device."

Provisions of the Consent Decree included the following:

- civil penalties for engine manufacturers and requirements to allocate funds for pollution research;
- a requirement to upgrade existing engines to lower NOx emissions;
- certification of engines on both the transient FTP and the supplemental steady-state test; and
- a requirement to meet 2004 emission standards by October 2002, 15 months ahead of time.

Model Year 2007 and Later

On December 21, 2000, the EPA issued its final rulemaking on emission standards for model year 2007 and later heavy-duty highway engines. The standards were signed into effect that month. The new rules include two components:

- diesel fuel regulation; and
- emission standards.

The fuel regulation limits the sulphur content in on-highway diesel fuel to 15 ppm (by weight), down from the previous 500 ppm. The fuel provisions would go into effect in June 2006. This ultra low sulphur diesel fuel is seen as a "technology enabler" to pave the way for advanced sulphur-intolerant exhaust emission control technologies, such as diesel particulate filters and deNOx catalysts, which will be necessary to meet the 2007 emission standards.

The second part of the new standards introduces new, very stringent emission standards. The new PM emission standard of 0.01 g/bhp-hr is to take full effect in the 2007 heavy-duty engine model year. As well, the new rules have reduced standards for NOx and NMHC to 0.20 g/bhp-hr and 0.14 g/bhp-hr, respectively. These NOx and NMHC standards would be phased in between 2007 and 2010. The phase-in would be on a percent-of-sales basis: 25% in 2007, 50% in 2008, 75% in 2009 and 100% in 2010. The EPA has also imposed a formaldehyde emission standard of 0.016 g/bhp-hr to ensure that this gas is not emitted when the expected shift to catalyst exhaust aftertreatment occurs in the next decade.

Europe

The European regulations for medium and heavy-duty diesel engines are commonly referred to as Euro I through Euro V. The Euro I standards for medium and heavy-duty engines were introduced in 1992. The Euro II regulations came into effect in 1996. These standards applied to both heavy-duty highway diesel engines and urban buses.

In 1999, the European Parliament and the Council of Environment Ministers adopted the final Euro III standard (Directive 1999/96/EC of December 13, 1999, amending Directive 88/77/EEC) and also adopted Euro IV and V standards for the years 2005 to 2008. The standards also set specific, stricter values for extra low emission vehicles (also known as "enhanced environmentally friendly vehicles" or EEVs) in view of their contribution to reducing atmospheric pollution in cities. **Table 8** contains a summary of the emission standards and their implementation dates.

Table 8 | European Union Emission Standards for Heavy-Duty Diesel Engines, g/kWh (smoke in m^{-1})

Tier	Date & Category	Test Cycle	CO	HC	NOx	PM	Smoke
Euro I	1992, <85 kW	A	4.5	1.10	8.0	0.612	
	1992, >85 kW	A	4.5	1.10	8.0	0.36	
Euro II	1996.10	-	4.0	1.10	7.0	0.25	
	1998.10	-	4.0	1.10	7.0	0.15	
Euro III	1999.10, EEVs only	B	1.5	0.25	2.0	0.02	0.15
	2000.10	B	2.1	0.66	5.0	0.10	0.8
						0.13 *	
Euro IV	2005.10	-	1.5	0.46	3.5	0.02	0.5
Euro V	2008.10	-	1.5	0.46	2.0	0.02	0.5

A. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_r49.html

B. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.html
http://www.dieselnet.com/standards/cycles/elr.html

g/kWh = grams per kilowatt hour.

* For engines of less than 0.75 dm^3 swept volume per cylinder and a rated power speed of more than 3,000 rev/min.

It is expected that the emission limit values set for 2005 and 2008 will require all new diesel-powered heavy-duty vehicles to be fitted with exhaust gas aftertreatment devices, such as particulate traps and deNOx catalysts. The 2008 NOx standard will be reviewed by December 31, 2002, and either confirmed or modified, depending on the available emission control technology.

Changes in the engine test cycles have been introduced in the Euro III standard (year 2000). The old steady-state engine test cycle ECE (Economic Commission of Europe) R-49 will be replaced by two cycles: a stationary cycle ESC (European Stationary Cycle) and a transient cycle ETC (European Transient Cycle). Smoke opacity is measured on the ELR (European Load Response) test.

For type approval of new vehicles with diesel engines according to the Euro III standard (year 2000), manufacturers have the choice of either of these tests. For type approval according to the Euro IV (year 2005) limit values and for EEVs, the emissions have to be determined on both the ETC and the ESC/ELR tests.

Emission standards for diesel engines that are tested on the ETC test cycle, as well as for heavy-duty gas engines, are summarized in **Table 9**.

Table 9 | Emission Standards for Diesel and Gas Engines, ETC Test, g/kWh

Tier	Date & Category	Test Cycle	CO	NMHC	CH_4[a]	NOx	PM[b]
Euro III	1999.10, EEVs only	ETC	3.0	0.40	0.65	2.0	0.02
	2000.10	ETC	5.45	0.78	1.6	5.0	0.16
							0.21[c]
Euro IV	2005.10	-	4.0	0.55	1.1	3.5	0.03
Euro V	2008.10	-	4.0	0.55	1.1	2.0	0.03

a For natural gas engines only (CH_4 = methane).

b Not applicable for gas-fuelled engines at the year 2000 and 2005 stages.

c For engines of less than 0.75 dm^3 swept volume per cylinder and a related power speed of more than 3,000 rev/min.

Importantly, the current EU regulations have no provisions for proof of emission control durability. This is to be corrected in upcoming legislation to take effect in 2005.

The Rest of the World

The U.S. or EU standards are used as the basis for standards – or in some cases de facto standards – throughout much of the world. Japan has developed its own standards (see **Table 10**) based on driving patterns characteristic of that very urbanized country. In many lower-income countries, the cost of legislating and enforcing new vehicle standards is prohibitive. For this reason there is a United Nations-led program to establish an international standards program that would provide blanket quality assurance for imported vehicles. These standards are likely to be based on either the EU or U.S. standards and test procedures.

Table 10 | Japanese Heavy Vehicle Emission Standards

Gross Vehicle Weight	Date	Test	Unit	CO		HC		NOx		PM	
				max	mean	max	mean	max	mean	max	mean
< 1,700 kg	1988	10-15 mode	g/km	2.7	2.1	0.62	0.40	1.26	0.90		
	1993			2.7	2.1	0.62	0.40	0.64	0.60	0.34	0.20
	1997			2.7	2.1	0.62	0.40	0.55	0.40	0.14	0.08
	2002[a]				0.63		0.12		0.28		0.052
1,700 - 2,500 kg	1988	6 mode	ppm	980	790	670	510	500 DI 350 IDI	380 DI 260 IDI		
	1993	10-15 mode	g/km	2.7	2.1	0.62	0.40	1.82	1.30	0.43	0.25
	1997-98			2.7	2.1	0.62	0.40	0.97	0.70	0.18	0.09
	2003[a]				0.63		0.12		0.49		0.06
> 2,500 kg	1988-89	6 mode	ppm	980	790	670	510	520 DI 360 IDI	400 DI 280 IDI		
	1994	13 mode	g/kWh	9.20	7.40	3.80	2.90	7.80 DI 6.80 IDI	6.00 DI 5.00 IDI	0.96	0.70
	1997-99[b]			9.20	7.40	3.80	2.90	5.80	4.50	0.49	0.25
	2004[a]				2.22		0.87		3.38		0.18

"Max": to be met as a type approval limit if sales are fewer than 2,000 per vehicle model year and generally as an individual limit in series production.

"Mean": to be met as a type approval limit and as a production average.

DI = direct injection
IDI = indirect injection

a New short-term targets issued by the Central Council for Environmental Pollution Control on 1998.12.14.

b 1997: GVW 2,500-3,500 kg; 1998: GVW 3,500-12,000 kg; 1999: GVW>12,000 kg.

In-Service Inspection, Maintenance and Retrofit Programs

Once vehicles are manufactured and sold, the enforcement of the maintenance of the emission control systems is the jurisdiction of the provinces in Canada. Emission control systems degrade in performance over their useful life. However, proper maintenance of the vehicle will ensure that the minimum emissions are generated.

Vehicle Inspection

One indicator of a poorly maintained engine, either gasoline or diesel fuelled, is the emission of visible smoke. For diesel engines, the generation of smoke is a clear indication of potential problems with the fuel, air induction system, fuel injectors, or cylinder condition. For this reason, the measurement of smoke (opacity) has been used as an in-service test to identify high emitters. The test, while not perfect – it can miss some high emitters – is relatively inexpensive and operationally easy. Some 20 U.S. states, along with British Columbia and Ontario, have instituted in-service testing as a way to ensure the continued compliance of vehicles with their emission control capabilities.[14] These programs call for mandatory periodic inspections, as in Ontario, or rely on random roadside inspections, as in British Columbia (Ontario also undertakes random roadside inspections).

Vehicle Age Management

New vehicles are designed and manufactured better than older vehicles. Improvement of the fuel efficiency of trucks has been a constant goal, and over the last 15 years truck emissions of particulates and NOx have been more than halved. Thus, ensuring that vehicles are exchanged for new models as frequently as possible can have a significant effect on reducing emissions. As discussed in the demographics section, long-haul truckers generally have modern equipment. Urban fleets, however, tend to be older vehicles with higher emissions. Farm vehicles, while they have the oldest age profile, are usually not operated near major urban areas and their higher emissions have minimal air quality impact. Therefore, the focus of most vehicle age management programs has been on school, transit, urban or agricultural fleets, where incentives are provided to scrap and replace the vehicle or to upgrade its emissions technology.

[14] Environment Canada, Transportation Systems Division, *The State of Heavy-Duty Vehicle Emission Inspection and Maintenance in Canada and the United States*, EPS 2/TS/12, March 2000.

The first voluntary scrappage program of older, high polluting light-duty vehicles (not trucks) was conducted in 1990 by Union Oil of California (UNOCAL). The program offered US$700 for old vehicles; 3,000 vehicles were offered in the first two days. Since then, the various California programs have scrapped about 30,000 light-duty vehicles.

Heavy trucks have been in involved in very few scrappage programs and none in Canada. As the incentive to scrap is a financial one, it is unlikely that large enough fiscal incentives could be offered to solicit much interest. Trucks have, however, been involved in upgrading programs.

Retrofit Programs

The rationale for retrofit programs is similar to that for scrappage programs – to move the age distribution of the vehicles to a more modern emission control technology. In the case of retrofits, the owner is required to change or add equipment to the vehicle to reduce its polluting capability.

In the United States, this approach was first used for urban transit buses in 1993, and now several states are trying a voluntary program aimed at heavy trucks. The guidelines for these programs target particulate matter reduction and require that retrofit equipment get type approval in reducing PM by 25% or 0.1 g/bhp-h.

An engine "retrofit" includes (but is not limited to) any of these activities:

- addition of new or better pollution control aftertreatment equipment to certified engines;
- upgrading of a certified engine to a cleaner certified configuration;
- upgrading of an uncertified engine to a cleaner "certified-like" configuration;
- conversion of any engine to a cleaner fuel;
- early replacement of older engines with newer (presumably cleaner) engines (in lieu of regular expected rebuilding); and
- use of cleaner fuel and/or emission reducing fuel additive (without engine conversion).

The South Coast Air Quality Management Department (SCAQMD) in California operates perhaps the most active program. The initiative,[15] part of the statewide Carl Moyer Memorial Air Quality Standards Attainment Program, aims to speed up the introduction of low-emission heavy-duty engines in trucks, transit and school buses, marine vessels and off-road vehicles such as forklifts and construction equipment. In the 2000-2001 fiscal year, the state expects to provide US$28.5 million in grants under the program.

Alternative-fuelled engines such as those using compressed natural gas, liquefied natural gas, propane and electricity are given the highest priority. Cleaner diesel engines are considered in some cases. Program funds can be used to help purchase new vehicles, new engines or retrofits to existing engines. Some funding also is available for alternative fuel and electric charging stations. In general, new vehicles and equipment must achieve a 30% reduction in NOx emissions compared to current emission standards, and retrofits must achieve a 15% reduction. Vehicles and equipment funded must operate for at least five years, and 75% of their use must be within SCAQMD's jurisdiction.

A similar type of program has been developed in Sweden. The three biggest cities in Sweden – Stockholm, Goteburg and Malmo – introduced "environmental zones" in the centre of each city in order to improve the ambient air quality. The environmental zones regulations are not harmonized with the European Union's emission standards and are made possible by local legislation dealing with in-service vehicles and the use of vehicles. The law makes it possible for communities in Sweden to introduce limitations on heavy-duty vehicles in environmentally sensitive areas. Vehicles of a certain age have to be retrofitted with an approved emission control device in order to receive an exemption and to be allowed to travel in the environmental zones.

[15] http://www.arb.ca.gov

A general exemption from the regulation has been granted for vehicles aged eight years or less. All vehicles older than 15 years are banned. Vehicles aged from 9 to 15 years must be retrofitted with an emission control device. The required emission reductions for the retrofit kits are listed in **Table 11**.

Table 11 | Swedish Retrofit Requirements

Pollutant	Emission Reduction
Diesel Particulate Matter (DPM)	80% *
Hydrocarbons (HC)	60%
Nitrogen Oxides (NOx)	No increase
Noise	No increase

* "Type A" systems of 20% DPM reduction were also allowed at the initial stage of the program. Starting in 1999, vehicles equipped with Type A systems are not permitted in the environmental zones.

The approved emission control devices are catalytic converters in combination with particulate traps. The systems are effective due to the widespread use of low sulphur diesel fuel in Sweden. Low sulphur diesel fuel, with a maximum of 0.10 ppm sulphur, accounts for more than 90% of total diesel use in all heavy-duty vehicles.

An evaluation of the program's effectiveness, carried out one year after its introduction, showed the following emission reductions from heavy-duty vehicles:

- PM – 20%;
- HC – 10%;
- NOx – 8% (mainly due to renewal of the vehicle fleet); and
- a reduction in total noise level, despite increasing traffic.

Another consequence of the program is an increasing population of heavy-duty vehicles fuelled with compressed natural gas and alcohol in the zones. An estimated 3,000 vehicles have been retrofitted with emission control systems over the first three years of the program.

Technological Solutions and Options

Engine Technologies

The dominant engine technology used in trucks is the diesel engine. It is highly probable that it will continue in its dominant role and even expand further into lighter duty trucks. The reasons that diesel engines are used include:

1. *Energy efficiency.* The single most important reason that diesel engines are used in most applications is their superior energy efficiency. Where both diesel engines and spark-ignition engines have reasonably equivalent power output characteristics, the diesel will consume less fuel in performing the same work. How much less fuel the diesel engine will use varies with the application, but typical estimates range between 25% and 35%.
2. *Packaging efficiency.* Spark-ignition engines are not a viable alternative to diesel engines for applications requiring high power output at low speeds. All internal combustion engines produce waste heat, but spark-ignition engines produce relatively more, generally, than compression-ignition engines and therefore require more cooling. Generally speaking, spark-ignition engines do not exceed 10 litres in displacement and are not used in applications where power requirements exceed about 400 horsepower.
3. *Durability and reliability.* Diesel engines are legendary for their durability and reliability. One major diesel engine manufacturer recently tore down a randomly selected 412-horsepower heavy truck engine that had been driven 1.28 million km. The engine was a 1996 model that had been hauling average loads of 36,400 kg at an average driving speed of 100 km/h. The engine was judged to be capable of going another 400,000 km before an overhaul would be needed.[16]
4. *Fuel safety.* Diesel fuels generally are less volatile and are therefore safer to store and handle than the fuels used in spark-ignition engines. This lower fuel volatility is another characteristic that dictates the use of diesel engines in certain applications. Fire-fighting equipment, ambulances, military vehicles, boats, school buses, and engines used in certain stationary applications rely on diesel power, at least in part, because of the low volatility and, hence, greater safety of diesel-type fuels.

Diesel emission control technology has been centred on improving control of the combustion process itself – so-called in-cylinder control. This has resulted in significant changes to the engines, including:

- use of electronics for more precise control of fuel injection;
- changes in cylinder components, making the piston rings tighter, increasing the fuel mixing, etc.;
- large increases to the pressure at which fuel is injected, which has a marked effect on efficiency and smoke production; and
- control of NOx through the use of engine load sensors.

Unlike gasoline engine technology, the aftertreatment of engine emissions through the use of catalysts has not yet been extensively used on diesels. This is because the engines were able to meet the standards without resorting to these techniques and also because the durability of the catalysts is poor, primarily owing to the presence of sulphur in the fuel. Sulphur coats or "poisons" the catalyst surfaces, rendering them ineffective after a short time.

As the standards are changed, engine manufacturers will probably need to use aftertreatment technologies to meet the new emission levels. These technologies will consist of:

- particulate traps, which reduce the amount of particulates released;
- oxidation catalysts, which ensure the complete combustion of HC and CO; and
- deNOx catalysts, which remove NOx.

[16] "Caterpillar C-12 Tear-Down Inspection Confirms Engine's Durability," Press Release, September 8, 1999.

Virtually all the catalyst technologies that will be employed are, as mentioned above, sensitive to sulphur. The future sulphur content regulations for diesel fuel will be "technology enabling" – in much the same way that the elimination of lead in gasoline was required for light-duty vehicles in the 1970s. The cost of these technologies – without factoring in the extra cost of low-sulphur fuel – will be significant. Current cost estimates per new vehicle[17] range from $600-$1,600 for oxidation catalysts to $5,000-$6,000 for particulate traps, and $7,000-$15,000 for mixed fuel systems. The cost of sulphur removal will also be significant but is technically possible, as Sweden has requirements in place now that are in fact lower than the proposed U.S. and Canadian fuel content standards.

These technologies will reduce truck emissions by a further 90% (PM moving from 0.1 g/bhp-h to 0.01 g/bhp-h) and will improve the durability of the emission control systems.

Diesel Fuel Properties

The quality and constituents of fuel affect emissions. The two most significant properties of diesel fuel are cetane and sulphur content. Other characteristics, such as carbon content, can be affected by only a complete change of the type of fuel, as discussed later in the alternative fuels section.

Cetane

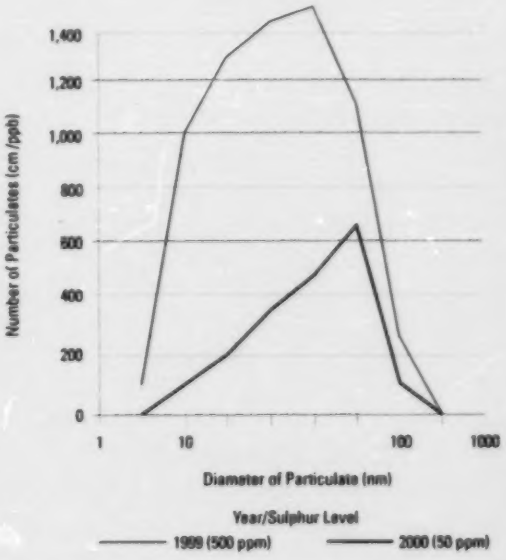
Cetane is a measure of a fuel's combustibility, in much the same way that octane is used for gasoline. A lower cetane number generally can be associated with less efficient combustion and thus can change the emissions of CO, HC and particulates.[18] Cetane is not regulated in the marketplace, but operational demands place consumer acceptance limits on products produced by the refiners.

Sulphur

Sulphur content is a function of the source of the crude stock from which the fuel was refined plus the refining processes used. The sulphur, when combusted, forms oxides of sulphur (SOx), which have significant health, vegetation damage, water acidification and materials corrosion effects. The sulphur also contaminates exhaust aftertreatment catalysts, similar to the effect of lead in gasoline, and thus restricts the level of emission control that can be achieved.

Sulphur content has also been linked to the generation of particulates in the cylinder. Thus, the effect of sulphur reduction in diesel fuel can have an immediate and dramatic effect on local air quality, as has been documented by the Danish government, which reduced the sulphur content of fuels to 50 ppm in 1999.[19] **Figure 10** shows that peak particulate concentration dropped from 1,500 cm³/ppb to 700 cm³/ppb within a one-year period as the regulations came into effect. As well, the graph shows the large shift in the size distribution from small particulates to larger particulates, which cause less health damage.

Figure 10 | Particulate Levels on Street in Copenhagen



[17] Manufacturers of Emission Controls Association, *Independent Cost Survey for Emission Control Retrofit Technologies*, Washington, D.C., December 2000.

[18] Mitchell, Ken, "Effects of Fuel Properties and Source on Emissions from Five Different Heavy Duty Diesel Engines," SAE Paper 2000-01-2990, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 2000.

[19] Olivastri, B. and Williamson, M., "A Review of International Initiatives to Accelerate the Reduction of Sulphur in Diesel Fuel," Oil, Gas & Energy Branch, Air Pollution Prevention Directorate, Environmental Protection Service, Environment Canada, December 2000.

In 1993, the average sulphur level for the total diesel pool in Canada was 1,800 ppm.[20] By 1997, the average level had been reduced to 1,200 ppm. This reduction was brought about by a memorandum of understanding between Environment Canada and most domestic refiners on providing low sulphur diesel fuel for on-road uses at the retail level. The implementation of the federal Diesel Fuel Regulations (1997), which became effective in 1998 for all on-road uses, is expected to further reduce that average. In 1997, the average sulphur levels for on-road diesel and regular (off-road) diesel were 300 ppm and 2,400 ppm respectively.

Current regulations require that sulphur content be no more than 50 ppm by 2006. If Canada follows the U.S. lead, the requirement will be changed to 15 ppm by 2006. The U.S. EPA has estimated that the overall cost associated with lowering the sulphur cap from the current level of 500 ppm to the 15 ppm level proposed today will be approximately 1.3 to 1.6 cents per litre.[21] This estimate comprises approximately 1.6 cents per litre in increased costs to produce and distribute the fuel, and a cost offset of about 0.4 cents per litre or more from the vehicle maintenance savings that would result from the use of the cleaner fuel. The refinery industry, however, has made significantly higher estimates of these costs.

Some countries, such as Sweden, have gone further in sulphur reduction. Sweden first introduced an environmental tax on sulphur in diesel in 1991; subsequent adjustments in 1992 and 1996 resulted in an almost 100% market share for urban diesel fuel of 10 ppm sulphur.

[20] Environment Canada, *Final Report of the Government Working Group on Sulphur in Gasoline and Diesel Fuel*, Ottawa, July 1998 (http://www.ec.gc.ca).

[21] U.S. Environmental Protection Agency, "Proposed Heavy-Duty Engine and Vehicle Standards and Highway Diesel Fuel Sulfur Control Requirements," regulatory announcement, EPA420-F-00-022, May 2000.

[22] *Diesel Technology and the American Economy*, prepared for Diesel Technology Forum, Herndon, VA, by Charles River Associates, Washington, D.C., October 2000.

[23] Westport Technologies Ltd. of Vancouver (http://www.westport.com).

Alternative Fuels

Changing the type of fuel used in trucks is also an option for emission control. A switch in fuel, however, is very complicated and expensive, as most alternative fuels will not combust in a diesel cycle (without spark) and if a spark ignition is used there is a large energy efficiency penalty. A recent analysis[22] estimated that replacing diesel technology with the "next best" alternative fuel would increase the total cost (direct plus indirect) of providing bus, rail and truck transportation by:

- 24% for urban bus transportation;
- 48% for rail; and
- 56% for trucking and warehousing.

However, in some situations and fleets these costs can be much smaller or even represent a saving, usually because of the lack of road tax on the alternative fuel.

Natural Gas

Because of its gaseous form and lower carbon content, natural gas has a dramatic effect on CO, HC and particulate emissions, with reductions of 50%-60% possible without aftertreatment. However, as the combustion temperatures tend to be higher, the amount of NOx produced increases by 20%-30%. Natural gas historically has required a spark ignition, but a Canadian company[23] recently developed a dual fuel injector that allows for the continuous mixing of diesel and natural gas. This eliminates the energy efficiency losses and still maintains much of the emission benefits. In medium-duty trucks that have gasoline engines, the conversion to natural gas is more competitive because the efficiency reduction is much less significant.

Ethanol

Ethanol, which can be made from corn or agricultural wastes, has been tried with poor success in diesel engines. However, it is advantageous from a GHG perspective as an additive in gasoline. Normally, it is blended to a 10%-15% ethanol level. Emissions from medium-duty trucks that have no catalyst aftertreatment can be reduced – mostly for CO. Higher levels from ethanol use require purpose-designed engines, which are currently available only in light-duty models.

Biodiesel

This product is formulated from agricultural crops – mostly soybeans – and is a substitute for regular diesel fuel. Its primary benefit is its lower GHG rating because of the short-cycle carbon that is contained in it. Further, because biodiesel has a very low sulphur content, the particulate levels from biodiesel-fuelled trucks are lower. Currently, in part because of low production rates, biodiesel is more expensive than regular diesel. In the cost-sensitive trucking industry, this means that it has had limited uptake by the market.

Hydrogen

Hydrogen is seen by some as the ultimate fuel. It can be extracted from water and it behaves much like natural gas, but because of the lack of carbon it is even cleaner burning. However, it is an extremely difficult fuel to use in an engine. Moreover, the fuel must be stored in very high pressure tanks or in liquid form at very low temperatures in large insulated tanks. Both systems add weight to the vehicle, thus decreasing payload, and both entail high costs for the supply and compression or liquefaction of the fuel. Furthermore, the fuel in pure form must be spark-ignited, which reduces efficiency.

An alternative way of using hydrogen is in a fuel cell. With this technology, the fuel is used to feed the fuel cell, which converts the chemical energy into electrical energy. Canada is a world leader in the development of fuel cell technology (see http://www.nrcan.gc.ca for more information), which is being commercially tested for all sizes of vehicles by the major vehicle manufacturers. The fuel cell option presents an opportunity for very low emission vehicles. However, fuel cells are not expected to reach the marketplace for many years, as the technology has a number of significant market entry barriers. For example:

- Powerplant systems are more expensive and less compact, as the vehicle drive systems must be converted to electric drives.
- Fuel storage is a major problem, because the fuel used is either hydrogen or a liquid fuel, such as gasoline or methanol, which must be re-formed into hydrogen.
- Supplying adequate amounts of fuel and developing a new network of fuelling depots both pose problems.
- There is no significant net energy benefit compared to some of the advanced diesel and diesel hybrid systems.

Other Technologies

Other technologies can be employed to make the vehicle operate more efficiently and thus lower emissions. One set of technologies tries to lower the force needed to move the truck. These include:

- low rolling resistance tires, which can reduce rolling drag and improve fuel efficiency and emissions by 1%-3%;
- aerodynamic devices that "smooth" the truck; these are especially effective for trucks in highway operations, where they can improve fuel efficiency and emissions by 2%-5%; and
- lightweight structures, which can save fuel and emissions in two ways: first by reducing the weight of the vehicle when it is not fully loaded, and second by allowing the vehicle to carry more payload, thus decreasing the number of trucks required to move freight.

A second set of technologies is aimed at more optimal use of the engine output. This group includes:

- fully electronic transmissions to ensure that the proper gear set is used;
- driver management systems that can control the amount of idling, acceleration rates and maximum speed of the truck; and
- advanced lubricants that reduce the internal friction of the engine so that more of the energy goes to the road and not to heat.

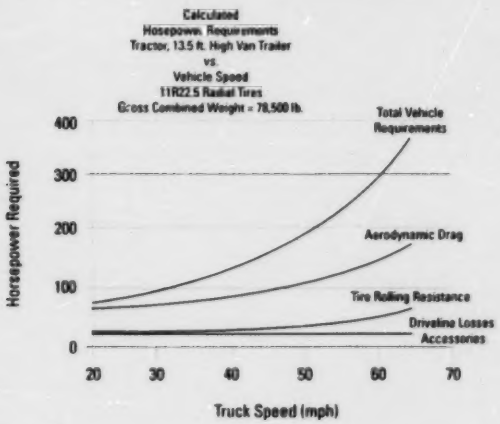
Finally, there are new technologies that are focused on recovering and reusing braking energy. The energy is stored electrically in batteries or mechanically in flywheels or hydraulic accumulators, and then this energy is fed back into the drivetrain when the vehicle needs more power. These systems have been shown to be capable of reducing fuel consumption by 25%-30% in urban driving and decreasing emissions by 50%-60%. Although the systems are expensive and complex, they do allow the continued use of conventional diesel engines and fuel.

Vehicle Operation Options

Speed Control

The control of truck speed is a significant factor affecting emissions and fuel consumption. The force that an engine must generate to move the vehicle down the road is a function of powertrain losses, rolling resistance, and aerodynamic drag. All of these are a function of speed, as seen in **Figure 11**.

Figure 11 | Power Requirements versus Road Speed



Source: Goodyear, *Factors Affecting Truck Fuel Economy*, 492700-3/93

Because aerodynamic drag is an exponential function of speed, the total force required – and thus the power and fuel use – is a non-linear function of speed. Note that these relationships are for steady-state conditions, which are rare in actual operations. When the speed variation (acceleration or deceleration) is added to the mix, the influence of mass, or gross vehicle weight, typically has a larger impact on the power demand from the engine. For a typical truck, aerodynamic drag is the majority of the road load at speeds over 90 km/hr (56 mph), as shown in **Figure 11**.

The simple fact is that as trucks (and cars) travel faster they require higher power levels from the engine. This increases fuel consumption rates and emissions, most notably of NOx. Thus, controlling vehicle speeds can play a significant role in reducing both emissions and fuel consumption. As seen in **Table 12**, smaller trucks are more sensitive to changes in speed than larger trucks, with a 13,600 kg truck increasing its fuel consumption rate by 28% for a change in speed from 90 km/h to 105 km/h, and by 50% for a change in speed from 90 km/hr to 120 km/h. Estimates of the changes in fuel consumption that could be achieved in Canada if the current speeds on the roads were strictly controlled to either 105 km/h or 90 km/h indicate that 1% and 4%, respectively, of truck fuel use could be reduced.[24] As NOx emissions are essentially proportional to fuel use at these high engine speeds, similar reductions in that pollutant could be expected.

Table 12 | Effect of Speed on Truck Fuel Consumption (L/100 km)

Speed (km/h)	Gross Vehicle Weight (000 kg)						
	13.6	18.2	22.7	27.3	31.8	36.4	40.9
120	29	32	34	35	37	38	39
105	25	26	28	30	31	33	34
90	20	21	23	25	26	28	29
% change from 90 km/h							
120	50%	49%	46%	42%	41%	37%	33%
105	28%	22%	20%	20%	18%	20%	16%
% change from 105 km/h							
120	18%	22%	21%	18%	19%	15%	15%

Congestion

Emissions and energy use would be dramatically decreased if vehicles could operate at steady speeds and never have to stop. This obviously is an unachievable target, but the goal of decreasing delays on our network of roads is what transportation engineers spend a lot of time and money on. When a vehicle accelerates to a given road speed, a substantial amount of energy is transferred into the momentum of the vehicle. When the vehicle slows or stops, this energy is consumed, either through vehicle drag or through the application of the vehicle's brakes. Once lost, this energy cannot be regained. Further, when the vehicle is stopped the engine is still running and thus still generating emissions and using fuel.

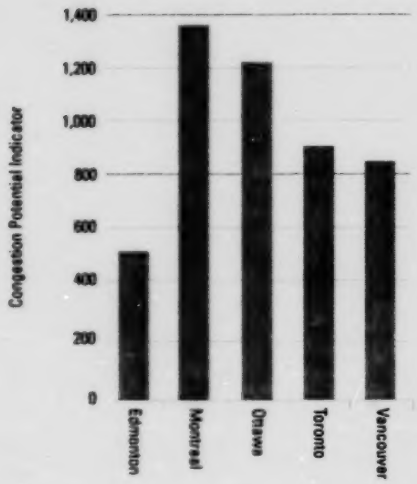
[24] Taylor, G. et al., *The Potential for GHG Reductions from Improved Use of Existing and New Truck Technology in the Trucking Industry*, National Climate Change Program, Transportation Table, TruckingSub-Group, 1999.

Road networks are designed to minimize the need to stop. The introduction of the limited-access highway in the 1950s was a major development in reducing emissions and energy use. But by improving speeds, these roads also encouraged people to reside longer distances from their workplace. Slowly, as populations and car ownership increased, the capacity of our road networks was exceeded. Today, there is more congestion and unplanned delays than ever.

Congestion is difficult to measure, as it tends to be a local problem reflecting an undersupply of roads. The Transportation Association of Canada has devised a "congestion potential indicator" for eight urban areas within Canada.[25] This measure is defined by the average trip distance, multiplied by the number of vehicle trips, divided by the number of arterial and expressway lane-kilometres. The results are shown in **Figure 12** These data indicate considerable differences among the urban centres included. The indexes for Montreal, Ottawa, Toronto and Vancouver are many times higher than for the other urban areas.

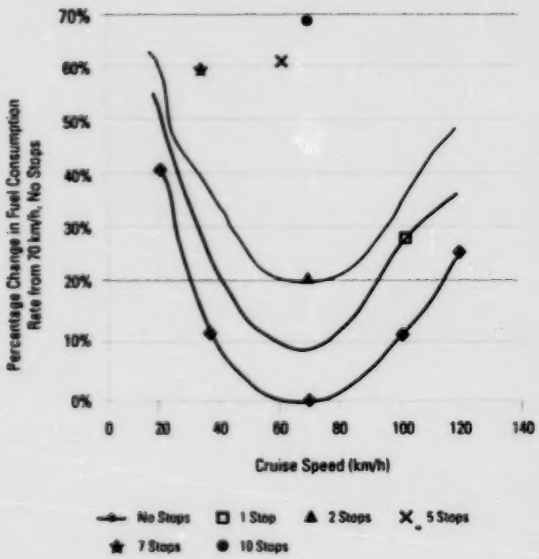
The consequences of congestion were reviewed in a recent report funded by Natural Resources Canada.[26] One study reviewed in the report compared the fuel consumption rates of a passenger car at various steady-state cruise speeds and with a varying number of stops on the route.[27] The data, presented in **Figure 13**, show that the lowest consumption rate is achieved with no stops. Fuel consumption is lowest and is relatively constant in the speed range of 50-80 km/h. Below this range, fuel consumption increases because the vehicle's drivetrain is not optimized for low speeds and tire resistance is a larger influence on energy demand. As cruise speeds increase, fuel consumption rises with the increased aerodynamic drag.

Figure 12 | Congestion Potential Indicators for Canadian Cities



When a single stop is introduced, energy consumption increases by 14%. This penalty increases as the number of stops increases, reaching a penalty of 68% when there are 10 stops on a 10 km route. Penalties for heavy-duty trucks, while not explicitly measured in the study, would be in proportion to those for passenger cars.

Figure 13 | Effect of Stops on Light-Duty Vehicle Fuel Consumption



[25] Transportation Association of Canada, *Urban Transportation Indicators in Eight Canadian Urban Areas*, Ottawa, June 1996.

[26] DELCAN Ltd., *Traffic Congestion Impact on CO_2 Emissions in Canada*, Ottawa, Natural Resources Canada, Office of Energy Efficiency, 1999.

[27] Baker, M., *Fuel Consumption and Emission Models for Evaluating Traffic Control and Route Guidance Strategies*, Kingston, Queen's University, 1994.

Thus, reducing congestion is a key strategy in reducing air emissions. Increasing road capacity, restricting demand, better traffic control, and the use of non-stop intersections such as roundabouts all are techniques that can be employed to smooth the flow of traffic and thereby reduce the generation of excess emissions.

Vehicle Weights and Dimensions

Canada has had a history of undertaking technical and economic analyses on which our standards for the weights and dimensions of trucks are based. This has led to the allowance of larger or heavier trucks on our roads than is typical in much of the United States. These higher limits have raised productivity for truckers in Canada and lowered transportation costs. The energy and emission incentives for heavier trucks was seen in **Figure 9**, which shows that the energy consumption rate is a strong function of gross vehicle weight. Currently, Canada allows vehicles up to 38 metres long on our roads, carrying loads up to 62,500 kg. However, most highway trucks are much smaller than this limit, with the bulk of the market served by a tractor with a 16-metre trailer.

The question of changing and harmonizing the weight and dimensions of trucks is a chronic issue with the Canadian Council of Motor Transport Administrators (CCMTA). Significant increases to the limits have been introduced over the last decade, and there are still compatability issues between some provinces. It is unlikely that the weight limits will be further increased, as doing this would directly add to bridge and pavement damage.

Allowing more long "truck trains," as has been done in the United States, is more likely.[28] However, this would affect a relatively small portion of all trucking, as these vehicles are restricted to roadways that have adequate geometric design (large shoulders and turning diameters, etc.). Based on 1995 data, it is estimated that about 6.1% of truck activity on the main highways (mostly freeways) in the four main jurisdictions where they are allowed (the three Prairie provinces and Quebec) consists of truck trains.[29]

The benefit of the long trains is not only lower operational costs for the operator but also lower overall energy use and emissions; as well, there is a net reduction in the number of truck units on the road. If the current network were expanded, it has been estimated that approximately 6.1% of all truck activity on the main roads in British Columbia, Ontario and Nova Scotia would be long trucks. Approximately 1.3 million vehicle kilometres of travel (vkt) would be generated between Ontario and Quebec, replacing 2.6 million vkt if the standard 16-metre (53-foot) equipment now in use on that link were retained. Estimates of the energy savings are that diesel use could be reduced by just under 0.1% and that NOx would be reduced by a similar amount.

Road Construction and Maintenance

The design and quality of road pavements affect vehicle emissions by changing the amount of power required to move the vehicle along the road. A smoother and harder surface will have lower rolling resistance than a rough or soft road. The roads in Canada's urban areas are generally of high quality and are constructed using asphalt or concrete. In winter these two types of roadway behave identically, as both are rigid. However, at elevated summer temperatures, asphalt surfaces can become more plastic and increase the rolling resistance, especially of heavily loaded trucks and buses. The effect of this plasticity may be seen in the rutting that occurs on some of our main asphalt-constructed roads.

The differences in hardness between asphalt pavements and concrete pavements have been assessed on sections of intercity highway in steady highway speed conditions.[30] In most temperature conditions, there were only small differences between the two pavement types. However, in warm weather, reductions of up to 8% in fuel consumption were measured for concrete

[28] The United States, however, has not increased axle weight limits, as Canada has done.

[29] Taylor, G. et al., *The Potential for GHG Reductions from Improved Use of Existing and New Truck Technology in the Trucking Industry*, National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, 1999.

[30] National Research Council of Canada, *Effect of Pavement Surface on Heavy Truck Fuel Consumption*, undertaken for the Cement Association of Canada, Ottawa, 1999.

versus asphalt surfaces. The effect of the pavement difference at the lower speeds typical of urban driving has not been measured but is probably more pronounced, as urban asphalt pavement has more time to deform.

In a similar manner, the roughness of the road surface increases the rolling resistance and therefore increases fuel consumption and emissions. In the same set of tests, a smooth road reduced fuel consumption by 10% compared with a rough road. Thus, maintaining the quality of the road surface through frequent repair or repaving can play a significant role in cutting emissions. As the benefits occur year-round, a smooth road is a more important factor than the type of road pavement.

Driver Training

While the intent of emission regulations is to control and minimize the level of emissions in all driving regimes, independent of the driver, the driver's performance can still have a large impact on both the truck's emissions and fuel consumption. As has been shown, the management of speed and the minimization of stops – through route planning and anticipatory driving – can significantly reduce the energy and emissions involved. Studies have shown that the "driver effect" (e.g. the difference between passive and aggressive driving), even when driving very prescribed driving patterns such as the official emission test cycle, can change energy and emissions by 5%. When this effect is coupled with the controls on maximum speed and idling, it has been estimated that better training of the driver and better vehicle management by the driver could save an average of 10% in energy and emissions.[31]

Much of these potential savings in fuel and emissions will come about as on-board "smart" driver control computers and real-time vehicle-to-head-office data links become increasingly common. These technologies will automatically limit the operational envelope of the driver or increase the monitoring capabilities of management. In addition, powertrain systems will continue to become less sensitive to driver mistakes in gear selection. In the meantime, truck owners and operators need training support and simple and effective management methods to control not only who drives but how that person drives the vehicle. In this way, they will be able to minimize the production of emissions and the use of energy.

[31] National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, *Environmental Awareness and Outreach Measures to Reduce GHG Emissions from the Trucking Sector*, August 1999.

The printing processes used in producing this document conform to environmental performance standards established by the Government of Canada under Canada's *National Guidelines on Lithographic Printing Services*. These standards aim to ensure the environmental integrity of printing processes through reductions in toxic emissions to the environment, reductions in loading of wastewater, reductions in the quantity of materials sent to landfills, and the implementation of resource conservation procedures.

The paper used in the interior of this document conforms to Canada's *National Printing and Writing Paper Guideline* and/or *Uncoated Mechanical Printing Paper Guideline*. These guidelines set environmental performance standards for fibre-use efficiency, chemical oxygen demand, energy use, global warming potential, acidification potential, and solid waste.

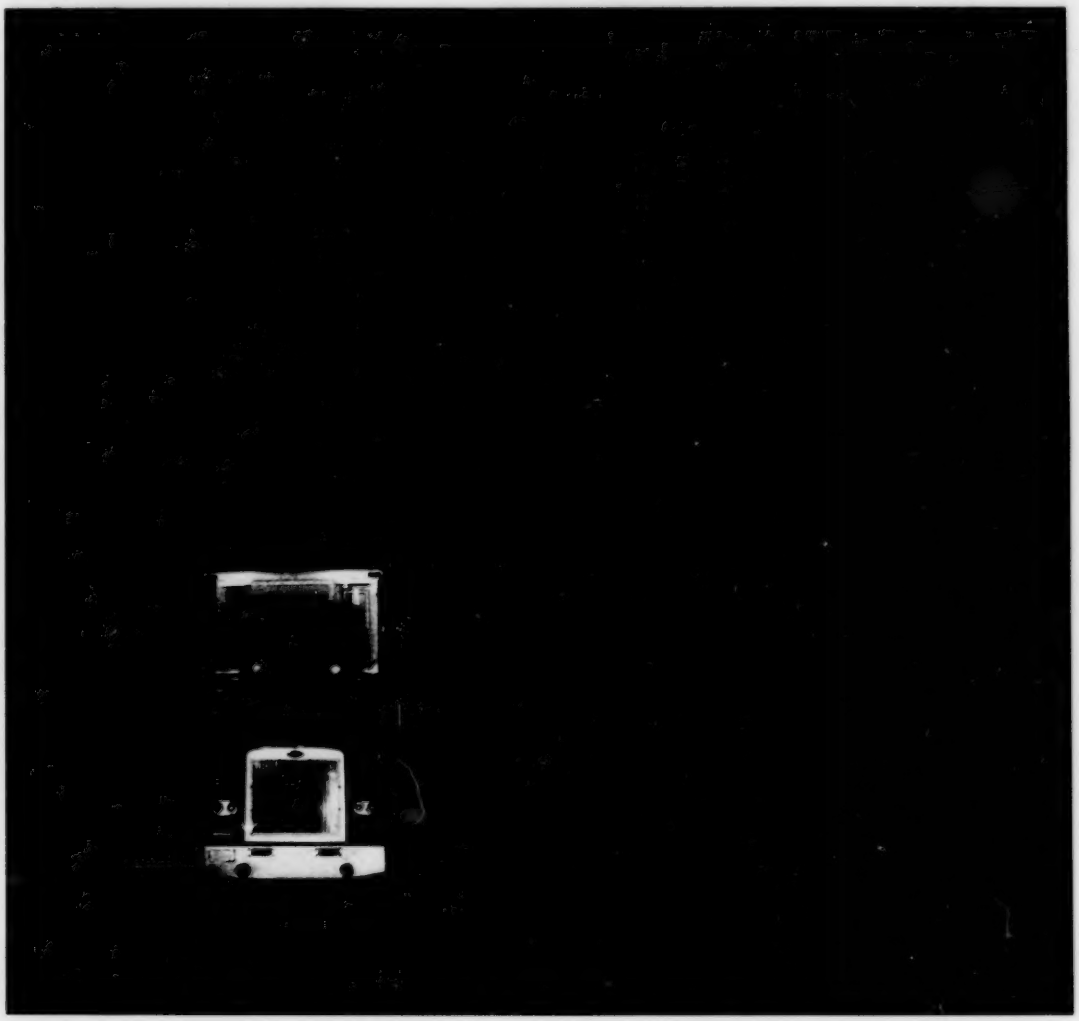
The printing processes and the paper used in the interior of this document are fully certified under Canada's sole ecolabelling program – the **Environmental Choice^{M} Program** (ECP). The Program's official symbol of certification – the **EcoLogo^{M}** – features three stylized doves intertwined to form a maple leaf, representing consumers, industry and government working together to improve Canada's environment.

For more information about the **Environmental Choice^{M} Program**, please visit the ECP website at **www.environmentalchoice.com** or telephone (613) 247-1900.

Environment Canada's Technology Outreach Section is proud to support environmental and quality performance standards, and the use of **Environmental Choice^{M}** certified papers and environmentally responsible products and printing processes, throughout its development and distribution of information products. To obtain a copy of the catalogue *Environment Canada: Selected Publications and Websites*, please contact us toll-free at 1 800 734-3232, or (819) 953-5750; by facsimile at (819) 994-5629; or by e-mail at **epspubs@ec.gc.ca**. For additional information on Environment Canada, visit the departmental website at **www.ec.gc.ca**.

Les camions et les émissions atmosphériques

Septembre 2001
Rapport final



SPE 2/TS/14 - Septembre 2001
Direction générale de la prévention
de la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Environnement Canada Environment Canada

Canada

SÉRIE DE LA PROTECTION DE L'ENVIRONNEMENT

Exemple de numérotation :

SPE	3	/	HA	/	1

Numéro de rapport portant l'identification SPE 3/HA
Code de sujet
Catégorie de rapport
Série de la Protection de l'environnement

Catégories

1	Règlement/Lignes directrices/ Codes de pratiques
2	Évaluation des problèmes et options de contrôle
3	Recherche et développement technologique
4	Revues de la documentation
5	Inventaires, examens et enquêtes
6	Évaluations des impacts sociaux, économiques et environnementaux
7	Surveillance
8	Propositions, analyses et énoncés de principes généraux
9	Guides

Sujets

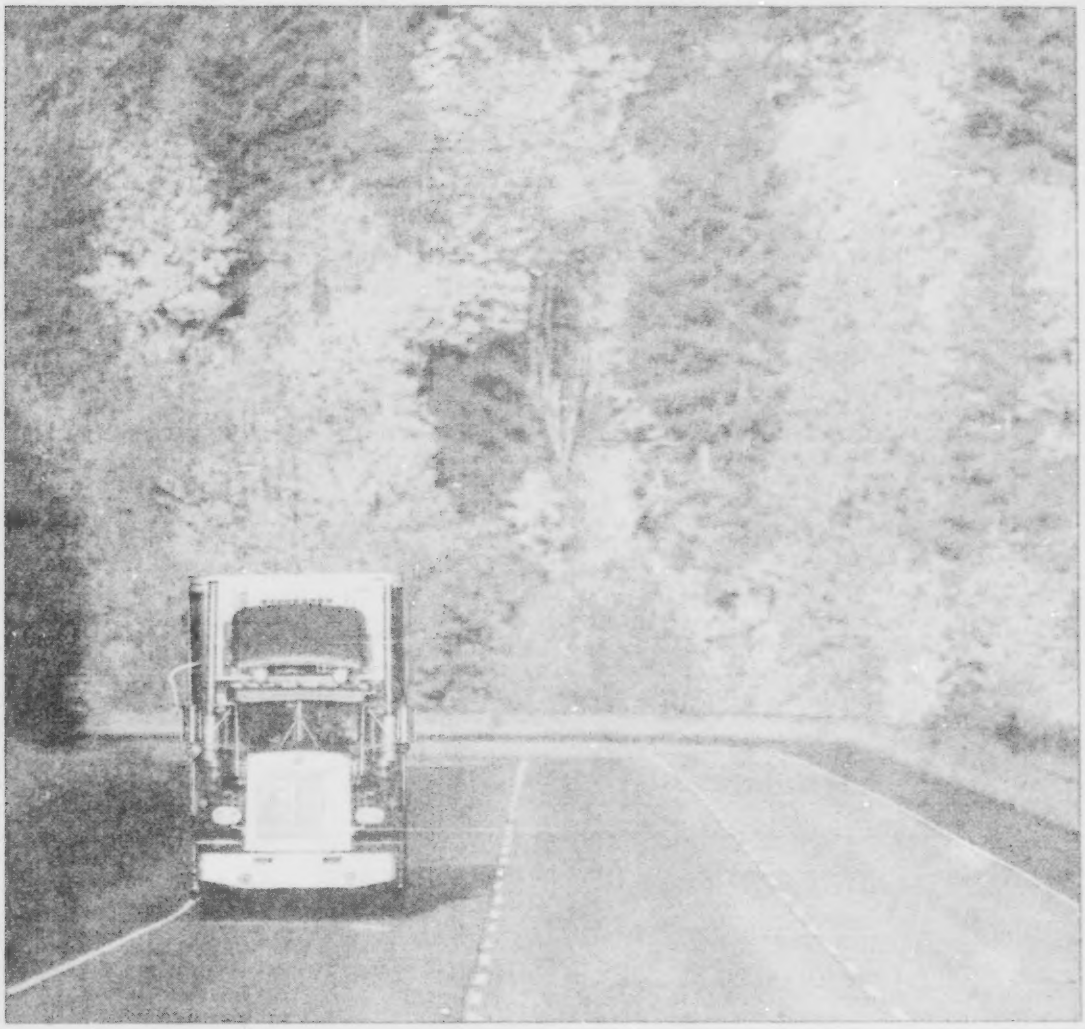
AG	Agriculture
AN	Technologie anaérobie
AP	Pollution atmosphérique
AT	Toxicité aquatique
CC	Produits chimiques commerciaux
CE	Consommateurs et environnement
CI	Industries chimiques
FA	Activités fédérales
FP	Traitement des aliments
HA	Déchets dangereux
IC	Produits chimiques inorganiques
MA	Pollution marine
MM	Exploitation minière et traitement des minéraux
NR	Régions nordiques et rurales
PF	Papier et fibres
PG	Production d'électricité
PN	Pétrole et gaz naturel
RA	Réfrigération et conditionnement d'air
RM	Méthodes de référence
SF	Traitement des surfaces
SP	Déversements de pétrole et de produits chimiques
SRM	Méthodes de référence normalisées
TS	Transports
TX	Textiles
UP	Pollution urbaine
WP	Protection et préservation du bois

Des sujets et des codes supplémentaires sont ajoutés au besoin. On peut obtenir une liste des publications de la SPE en s'adressant aux Publications de la Protection de l'environnement, Service de la protection de l'environnement, Environnement Canada, Ottawa (Ontario) K1A 0H3.

© Sa Majesté la Reine du chef du Canada (Environnement Canada) 2001

Les camions et les émissions atmosphériques

Septembre 2001
Rapport final



SPE 2/TS/16 – Septembre 2001
Direction générale de la prévention
de la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

Environnement Canada Environment Canada

Canada

Données de catalogage avant publication de la Bibliothèque nationale du Canada

Vedette principale au titre :

Les camions et les émissions atmosphériques

(Rapport ; SPE 2/TS/14)
"Rapport final"

Publ. aussi en anglais sous le titre: Trucks and Air Emissions.

Comprend des références bibliographiques.

ISBN 0-660-96595-X
N° de cat. En49-24/1-53F

1. Camions – Moteurs – Gaz d'échappement – Aspect de l'environnement.
2. Moteurs diesel – Gaz d'échappement – Aspect de l'environnement.
3. Carburants – Aspect de l'environnment.
4. Air – Qualité – Gestion – Canada.

I. Canada. Direction générale de la prévention de la pollution.
II. Canada. Environnement Canada.
III. Coll.: Rapport (Canada. Environnement Canada) ; SPE 2/TS/14.

TL214.E93T78 2001 629.2528 C2001-980280-3

Table des matières

Introduction **1**

Camions et camionnage au Canada **3**
Importance sur le plan de l'économie 3
Parcs de véhicules et démographie 3
Véhicules commerciaux immatriculés 4
Circulation de marchandises 5
Construction de véhicules 7

Émissions des camions **9**
Notions élémentaires sur les émissions 9
Estimation des émissions présentement 9
Comparaison des émissions du transport intermodal 10

Programmes de réduction des émissions **13**
Normes nord-américaines 13
Modèles 1987 à 2003 14
Modèles 2004 et suivants 15
Jugement convenu 15
Modèles 2007 et suivants 15
Europe 16
Ailleurs dans le monde 17
Programmes d'inspection, d'entretien et de modification en service 17
Inspection des véhicules 17
Gestion du vieillissement des véhicules 18
Programmes de modernisation 18

Options et solutions technologiques **21**
Technologies des moteurs 21
Propriétés du carburant diesel 22
Cétane 22
Soufre 22
Carburants de remplacement 23
Gaz naturel 24
Éthanol 24
Biodiesel 24
Hydrogène 24
Autres technologies 25

Options d'exploitation des véhicules **27**
Régulation de la vitesse 27
Congestion 28
Poids et dimensions des véhicules 29
Construction et entretien des routes 30
Formation des conducteurs 30

Liste des figures et des tableaux

Liste des figures

Figure 1 Emploi dans l'industrie canadienne du camionnage 3
Figure 2 Système de classification des véhicules en fonction de leur poids 4
Figure 3 Répartition en pourcentage des camions de poids moyen et lourd au Canada, en fonction du poids 4
Figure 4 Répartition des parcs de véhicules par province 4
Figure 5 Répartition des véhicules selon leur âge 5
Figure 6 Répartition estimée de la consommation de carburant selon les véhicules commerciaux 5
Figure 7 Émissions des camions lourds 10
Figure 8 Sources des émissions de gaz à effet de serre (ensemble du transport) en 1997 10
Figure 9 Poids et efficacité des camions 12
Figure 10 Concentration de particules dans une rue échantillonnée de Copenhague 23
Figure 11 Exigences de puissance et vitesse sur la route 27
Figure 12 Indices de potentiel de congestion dans des villes canadiennes 28
Figure 13 Effet des arrêts sur la consommation de carburant des véhicules légers 29

Liste des tableaux

Tableau 1 Circulation des marchandises au Canada, 1998 6
Tableau 2 Activités de camionnage pour compte d'autrui en fonction des produits, 1998 6
Tableau 3 Estimations des émissions totales au Canada, 1995 10
Tableau 4 Comparaison des taux d'émissions d'un camion et d'une locomotive 11
Tableau 5 Normes d'émission canadiennes et américaines pour les moteurs diesel lourds 14
Tableau 6 Normes d'émission de la Californie pour les moteurs diesel lourds 15
Tableau 7 Normes d'émission américaines pour les moteurs diesel lourds modèles 2004 et suivants 15
Tableau 8 Normes de l'Union européenne pour les émissions des moteurs diesel lourds 16
Tableau 9 Normes d'émissions des moteurs diesel et à essence, cycle de mesure ETC 17
Tableau 10 Normes japonaises d'émission pour les véhicules lourds 17
Tableau 11 Exigences de modification en Suède 19
Tableau 12 Effet de la vitesse sur la consommation de carburant des camions 27

Déni de responsabilité

Le présent rapport a été préparé par le consultant pour d'Environnement Canada et la Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique. La publication de ce rapport ne signifie pas nécessairement que son contenu soit conforme aux vues ou aux politiques d'Environnement Canada.

Ni Environnement Canada, ni la Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique, ni le consultant, ni toute personne agissant pour leur compte, ne fournissent aucune garantie, expresse ou implicite ni n'assument une responsabilité légale quant à l'exactitude de toute information ou à l'intégralité ou l'utilité de tout matériel, produit ou procédé exposé, ni n'acceptent la responsabilité de l'utilisation ou des dommages résultant de l'utilisation des éléments susmentionnés. En outre, ils ne peuvent nullement garantir que leur utilisation ne porterait pas atteinte aux droits de propriété privée.

Dans le présent rapport, toute mention d'une appellation commerciale, d'une marque de commerce, d'un fabriquant ou autre relativement à un produit, procédé ou service commercial particulier ne constitue nullement une recommandation de la part d'Environnement Canada.

Remerciements

L'auteur tient à remercier les personnes et les groupes suivants de lui avoir fourni les renseignements contenus dans le présent rapport :

L'Alliance canadienne du camionnage
DieselNet.com
Fred Nix
Transports Canada, Analyse économique

Préparé à l'intention de la

Direction des systèmes de transport
Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada

par

Gordon W.R. Taylor, Ing.
Woodlawn (Ontario)

Avis aux lecteurs

Prière de faire parvenir vos commentaires et demandes de renseignements à :

Direction générale de la prévention de la pollution atmosphérique
Service de la protection de l'environnement
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Pour obtenir d'autres exemplaires du rapport, prière de s'adresser à :

Informathèque
Environnement Canada
Ottawa (Ontario)
K1A 0H3

Introduction

Le présent document renferme des faits et des chiffres divers concernant les camions, les activités de camionnage et l'incidence de ces activités sur l'environnement au Canada. Il vise à servir d'introduction sur le sujet. Les lecteurs qui souhaitent en apprendre davantage sont priés de consulter les documents mentionnés en renvoi ainsi que les organismes pertinents.

Les camions jouent un rôle prépondérant dans notre société et sont essentiels au maintien de notre niveau de vie. Les camions assurent la livraison de presque tous les produits que nous achetons, des voitures jusqu'aux produits alimentaires. En outre, tous nos fournisseurs de services municipaux font appel à des camions pour la construction et la réparation des routes et l'installation et l'entretien des lignes téléphoniques et électriques. La technologie intégrée aux camions est très souvent d'avant-garde : les commandes et les systèmes de diagnostic électroniques perfectionnés, les systèmes de gestion des moteurs et les moyens de communication par satellite sont monnaie courante dans les grandes entreprises de camionnage. Cette technologie a été mise en œuvre non seulement à des fins d'efficacité opérationnelle, mais aussi pour contrôler le rendement des moteurs et réduire la pollution attribuable aux véhicules. Depuis les années 70, les émissions des camions ont diminué de plus de 80 p. 100, la consommation de carburant de ces derniers a chuté de 50 p. 100, et mesurée en litres ou en tonnes par kilomètre, l'efficacité de la charge utile, s'est accrue de 300 p. 100.

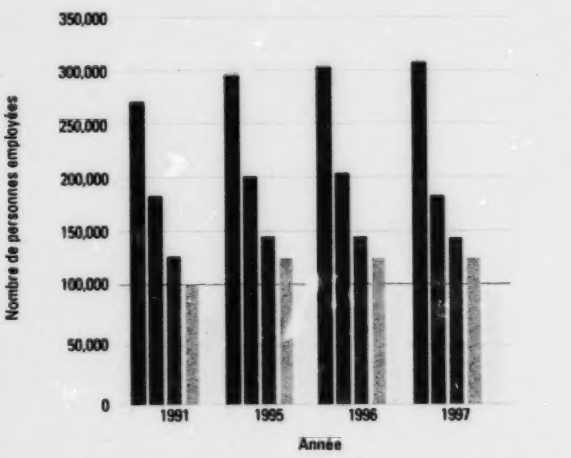
Malgré ces perfectionnements, les camions contribuent encore de façon importante aux émissions atmosphériques au Canada. Afin de réduire cet impact, tous les paliers de gouvernement continuent de resserrer les normes visant les véhicules neufs et en service. Dans l'avenir, le camion sera encore plus utilisé et polluera moins grâce à l'adoption de nouvelles technologies et de nouveaux carburants. Les coûts accrus d'acquisition et d'exploitation des véhicules qui en résulteront seront réacheminés dans l'économie et se traduiront par des coûts de transport légèrement plus élevés. Toutefois, il en découlera des avantages certains, notamment un air plus propre dans nos villes et une diminution des coûts liés à la santé et attribuables à la pollution de l'air.

Camions et camionnage au Canada

Importance sur le plan de l'économie

Présentement, l'industrie du camionnage au Canada génère 40 milliards de dollars et près de 400 000 emplois. Comme le montre la **figure 1**, plus de 300 000 de ces emplois sont directement liés à l'industrie du camionnage; pour le reste, il s'agit d'emplois dans les secteurs des véhicules lourds, de la construction, des ventes, du soutien et des pièces.[1] Les camions transportent 90 p. 100 de tous les produits de consommation et de toutes les denrées alimentaires au Canada.

Figure 1 | Emploi dans l'industrie canadienne du camionnage



Le commerce est un élément important de la croissance économique au Canada et nos échanges commerciaux avec les États-Unis comptent pour 80 p. 100 de l'ensemble de nos échanges commerciaux avec l'étranger. La plupart des principaux centres industriels aux États-Unis se trouvant souvent à moins d'une journée de route par camion, il n'est donc pas étonnant que la plupart des produits importés et exportés par le Canada le soient par camion. Le transport par camion compte pour plus de 70 p. 100 de la valeur des échanges commerciaux entre le Canada et les États-Unis. Sans l'apport du camionnage, notre niveau de vie serait inférieur et nous ne pourrions jouir des nombreux produits de consommation que nous aimons.

Autres faits concernant le camionnage au Canada :

- En moyenne, un camion de marchandises aux trois secondes franchit la frontière canado-américaine.
- À chaque heure, des camions acheminent pour plus de 30 millions de dollars de marchandises (importations et exportations).
- Plus de 12 500 camions canadiens font usage de moyens de communication par satellite.
- L'emploi de « conducteur de camion » a été, chez les hommes, le plus fréquemment mentionné lors du dernier recensement.
- Les camions transportent, en termes de valeur, 75 p. 100 de tous les biens manufacturés au Canada.
- Chaque semaine, plus de 612 000 voyages sont effectués par camion sur les principaux réseaux autoroutiers du Canada.

Il est prévu que le recours au camionnage sera encore plus important dans le futur. Une recherche menée par Transports Canada tend à indiquer qu'au cours de la prochaine décennie, le transport pour compte d'autrui correspondra à deux fois le transport par rail et par eau.[2] La part globale du marché qu'occupe le camionnage pourrait augmenter de 12 p. 100 pendant la même période, la part des secteurs maritime et du rail allant en diminuant.

Parcs de véhicules et démographie

Les données sur les parcs de véhicules sont extraites des dossiers d'immatriculation de véhicules. Le poids représentant un facteur de définition important tant sur le plan des tarifs payés que sur le plan des caractéristiques d'exploitation, le poids nominal brut du véhicule (PNBV)[3] est employé pour classer les camions. Le tableau suivant présente le système normalisé de classification par PNBV (huit classes) employé partout en Amérique du Nord et montre certains types de carrosseries ainsi que les applications types visant les classes de poids.

[1] Transports Canada, *Les transports au Canada 1999, Rapport annuel*, TP13198F.

[2] Transports Canada, Direction de l'analyse économique, Statistiques et prévisions, Transport maritime et de surface (ACAC).

[3] Il s'agit du poids maximal autorisé du camion et qui comprend le poids léger du véhicule et celui de sa charge utile.

Figure 2 | **Système de classification des véhicules en fonction de leur poids**

Poids nominal brut du véhicule (lb) *	Classe de poids	Catégories selon VIUS **	Type de carrosserie
33,001 ou plus	Classe 8	Poids lourd-lourd	
26,001-33,000	Classe 7	"	
19,501-26,000	Classe 6	Poids léger-lourd	
16,001-19,500	Classe 5	Poids mi-lourd	
14,001-16,000	Classe 4	"	
10,001-14,000	Classe 3	"	
6,001-10,000	Classe 2	Poids léger	
6,000 ou moins	Classe 1	"	

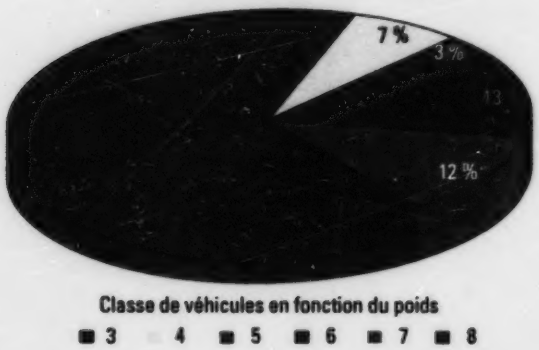
* Comprend le poids à vide du véhicule et la charge utile

** VIUS • Sondage du DOT américain sur les stocks de véhicules et leur utilisation

Véhicules commerciaux immatriculés

Les véhicules commerciaux sont normalement définis comme étant des véhicules de plus de 10 000 livres ou 4,5 tonnes (classe 3). Les camions dont le poids est inférieur à cette limite sont plus souvent des fourgons ou des camionnettes appartenant à des particuliers, même s'ils servent à des fins commerciales. Ces véhicules plus légers sont assujettis à la réglementation sur les émissions et sur la sécurité visant les véhicules légers. Les stocks de véhicules commerciaux en 1998 - année la plus récente pour laquelle des statistiques (extraites des dossiers provinciaux d'immatriculation de véhicules) existent s'élevaient à environ 711 000 véhicules. Comme le montre la **figure 3**, la plupart de ces véhicules (54 p. 100) sont de gros véhicules des classes de poids 7 et 8.

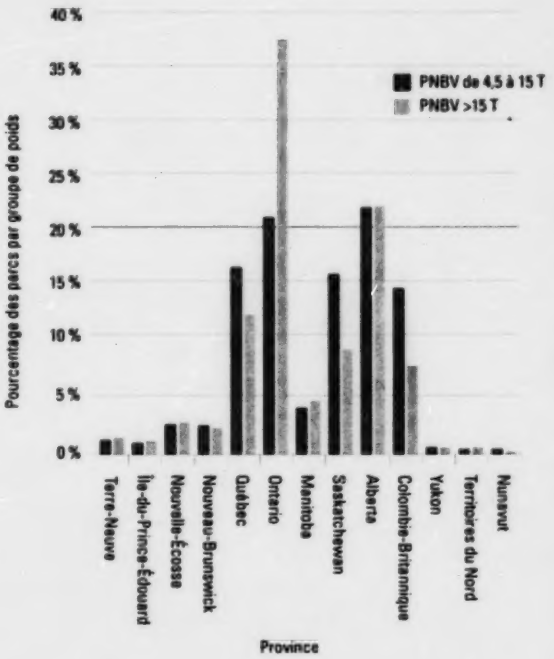
Figure 3 | **Répartition en pourcentage des camions de poids moyen et lourd au Canada, en fonction du poids**



* Statistique Canada, *Enquête sur les véhicules au Canada*, 4e trimestre, 1999.

Le camion est directement lié à l'activité économique; il n'est donc pas étonnant que la répartition des parcs de véhicules au Canada reflète la situation économique et la richesse des provinces canadiennes. Comme le montre la **figure 4**, l'Ontario possède le plus important parc de véhicules, suivie de l'Alberta. L'Ontario est sans contredit le chef de file pour ce qui touche les camions de classe 8, car cette province possède 38 p. 100 de l'ensemble du parc canadien de véhicules de ce type. Toutefois pour ce qui est de la répartition de camions plus petits, l'Alberta et l'Ontario arrivent essentiellement nez à nez, avec 22 p. 100 dans le cas de l'Ontario et 23 p. 100 dans le cas de l'Alberta. Le Québec et la Saskatchewan sont bons deuxièmes avec 16 p. 100 du parc, dans chaque province.[4] La plupart des camions plus petits sont employés à des fins agricoles dans la région des Prairies.

Figure 4 | **Répartition des parcs de véhicules par province**



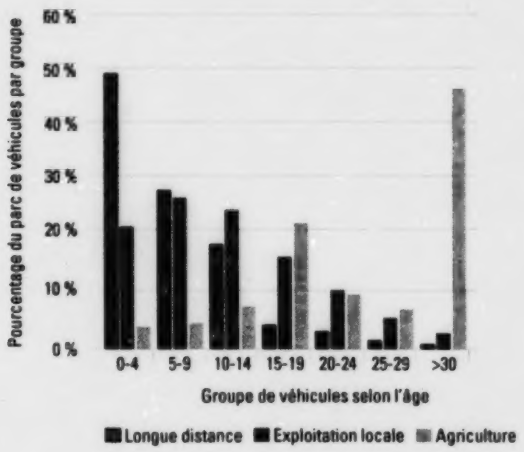
L'âge des camions est un élément important dans l'évaluation de leur incidence sur l'environnement et la consommation d'énergie. Les véhicules neufs sont construits selon des normes d'efficacité plus élevées et leur effet sur la pollution de l'air et la consommation

de carburant est relativement plus faible. Le parc de véhicules en service peut être divisé selon trois principaux modes d'exploitation :

- les transporteurs commerciaux engagés dans le transport de marchandises longue distance;
- les camions exploités localement, comme les camions à benne et les véhicules municipaux; et
- les véhicules agricoles servant au transport d'engrais, de céréales et de légumes.

Chacun de ces groupes de véhicules présente différentes caractéristiques sur le plan de l'âge et du mode d'exploitation. Les routiers travaillent dans un marché hautement concurrentiel et doivent disposer de l'équipement le meilleur et le plus efficace possible afin de maintenir leurs frais d'exploitation bas. Ils y arrivent en partie en possédant un parc de véhicules assez récents. Comme le montre la **figure 5**, près de 50 p. 100 du parc de véhicules longue distance a moins de quatre ans. En comparaison, seulement 20 p. 100 des véhicules exploités localement ont moins de quatre ans, contre 56 p. 100 qui ont plus de 10 ans. C'est dans le secteur agricole qu'on retrouve les camions les plus vieux; on estime à 90 p. 100 le nombre de ces véhicules qui ont plus de 10 ans.

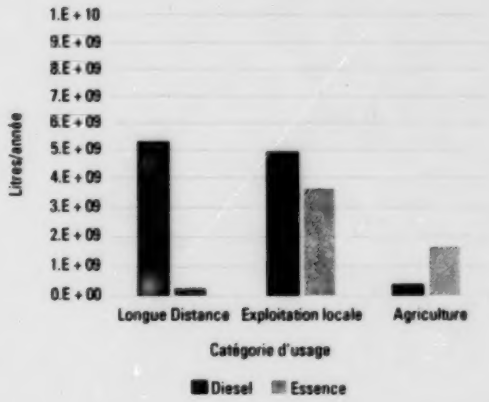
Figure 5 | **Répartition des véhicules selon leur âge**



Heureusement, les véhicules agricoles parcourent environ le dixième de la distance des véhicules longue distance, qui eux parcourent en moyenne plus de 160 000 km par année. En intégrant les données d'âge, de taille, de consommation de carburant et d'utilisation des camions en vue d'évaluer la consommation de carburant de chacun des trois groupes de véhicules, les résultats (voir la **figure 6**) montrent que : [5]

- les camions exploités localement consomment la plus grande partie du carburant, soit 54 p. 100 de la consommation totale;
- le carburant diesel compte pour 64 p. 100 de tous les carburants employés;
- 93 p.100 de tous les carburants consommés par les véhicules longue distance est le diesel (51 p.100 de tout le carburant diesel);
- les camions exploités localement consomment 66 p. 100 de toute l'essence consommée par les camions; et
- l'essence compte pour plus de 80 p. 100 du carburant consommé par les véhicules agricoles.

Figure 6 | **Répartition estimée de la consommation de carburant selon les véhicules commerciaux**



Circulation de marchandises

Il est difficile de recueillir des données exactes sur l'emploi des camions dans le secteur du transport de marchandises au Canada, car peu de sondages

[5] Taylor, G., *The Potential for GHG Reductions from Scrappage Programs for Older Trucks and Engines*, National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, 1999.

sont menés auprès de l'industrie privée du camionnage. Cependant, beaucoup plus de données sont disponibles dans le secteur du transport pour compte d'autrui.

Le **tableau 1** indique que 429 millions de tonnes de marchandises ont circulé au Canada en 1998.[6] Les secteurs du transport par train et par eau ont consacré plus de 70 p. 100 de leurs activités dans l'envoi de matières premières et de produits bruts, tandis que le secteur du camionnage pour compte d'autrui a consacré à peu près le même pourcentage de ses activités dans le transport de produits manufacturés et de matières ouvrées.

Tableau 1 | Circulation des marchandises au Canada, 1998

Produits	Circulation intérieure des produits (millions de tonnes)				
	Train	Eau	Camion pour compte d'autrui	Air	Total
Produits primaires					
Céréales	26,0	5,2	4,7	-	35,9
Produits forestiers	19,6	8,7	27,5	-	55,8
Minerais métalliques	49,2	7,1	1,3	-	57,6
Minerais non métalliques	21,5	10,7	13,8	-	46,0
Combustibles minéraux	38,8	1,7	5,2	-	45,7
Total partiel	**155,1**	**33,4**	**52,5**	-	**241,0**
Produits manufacturés	47,3	14,9	125,3	0,5	188,0
Total, tous les produits	**202,4**	**48,3**	**177,8**	**0,5**	**429,0**

La part du camionnage serait plus élevée si on prenait en compte les activités des petits transporteurs pour compte d'autrui, des entreprises de camionnage privées et des propriétaires-exploitants. Une étude a évalué à 15,4 milliards de dollars les revenus générés par l'industrie privée du camionnage en 1993.[7] De ces revenus, 12 milliards de dollars, ou 78 p. 100, ont été générés en zones urbaines. De plus, dans des zones urbaines comme Montréal, 37 p. 100 de l'ensemble des camions privés sont des véhicules municipaux ou utilitaires qui livrent des services plutôt que des biens. Il importe de constater que les camions longue distance circulant sur les autoroutes tendent à être des véhicules plus récents que les véhicules des parcs urbains, comme nous l'avons déjà mentionné, et que ces véhicules autoroutiers sont non seulement dotés des technologies les plus perfectionnées et les plus modernes en matière d'économie d'énergie, mais aussi des systèmes antipollution les plus récents.

En termes de volume de trafic longue distance, mesuré en tonnes-kilomètres (t-km), le transport de marchandises générales a représenté 26,4 milliards de t-km intérieurement, soit 34,5 p. 100 de tout le trafic intérieur, et 24,3 milliards de t-km aux États-Unis et au Mexique, soit 39,5 p. 100 de tout le trafic international. Ce volume combiné a représenté près de 37 p. 100 du volume total (en tonnes-kilomètres) pour 1998.

Ensemble, les marchandises générales, les denrées alimentaires et les produits forestiers ont représenté près de 75 p. 100 du volume total (en tonnes-kilomètres) du trafic des transporteurs longue distance en 1998. Le **tableau 2** montre le volume du trafic pour compte d'autrui en fonction des principaux groupes de produits pour 1998.

Tableau 2 | Activités de camionnage pour compte d'autrui en fonction des produits, 1998

Produits	Revenus provenant d'activités de camionnage pour compte d'autrui					
	Intérieur		International		Total	
	(Millions)	en %	(Millions)	en %	(Millions)	en %
Marchandises générales	$2 657,10	41,5	$2 243,10	46,3	$4 900,20	43,6
Denrées alimentaires	1 186,50	18,5	633,20	13,1	1 819,60	16,2
Produits forestiers	871,20	13,6	735,40	15,2	1 606,60	14,3
Produits automobiles	350,50	5,5	561,30	11,6	911,80	8,1
Aciers et alliages	395,80	6,2	359,70	7,4	755,40	6,7
Produits chimiques	368,30	5,8	220,30	4,5	588,50	5,2
Produits pétroliers	343,60	5,4	42,00	0,9	385,60	3,4
Minerais non métalliques	205,40	3,2	44,90	0,9	250,30	2,2
Métaux/minerais	22,90	0,4	7,30	0,1	30,20	0,3
Total Revenues	**$6 401,20**	**100**	**$4 847,20**	**100**	**$11 248,40**	**100**

[6] Transports Canada, *Les transports au Canada, 1999*, TP13198F.

[7] ADI Ltd., *Profile of Canada's Private Trucking*, Industrie Canada, Automotive Branch, 1995.

Construction de véhicules

L'industrie de la construction de camions représente aussi un aspect important de l'économie canadienne. Même si cette industrie est de nature globale, certaines usines d'assemblage au Canada offrent des produits de camions à l'intention des Canadiens et de nos partenaires commerciaux de l'ALENA. Ces entreprises comprennent notamment :

- Freightliner Corporation – une division de Daimler-Chrysler;
- International Transportation Equipment Corp. (Navistar);
- Kenworth-Camions – une division de Paccar du Canada Ltée;
- Western Star Trucks – acquise récemment par Freightliner Corp.

Outre ces constructeurs de châssis de camions, plus de 2 000 entreprises œuvrent dans la fabrication d'éléments de finition de camions, par exemple les bennes, les carrosseries-fourgons, etc., et de remorques pour les tracteurs. Les remorques sont offertes dans différentes versions, y compris à carrosserie-fourgon sec, à carrosserie-fourgon frigorifique, à carrosserie-plateau, à plateau-ridelles, etc. Ces fabricants se trouvent partout au Canada et s'occupent de la fabrication des produits, de l'entretien et du soutien technique, localement. Présentement au Canada, il n'existe aucune usine de construction de gros moteurs diesel.

Émissions des camions

Les moteurs des camions sont conçus pour fonctionner à l'essence ou au carburant diesel. Le carburant diesel est employé de préférence dans les véhicules à taux élevé d'utilisation, comme les camions longue distance, car le moteur diesel est le plus efficace de tous les types connus de moteurs à combustion interne. Partout dans le monde, les camions lourds, les autobus urbains et l'équipement industriel sont dotés presque exclusivement de moteurs diesel. Même si ce type de moteur a présentement un effet significatif sur l'environnement, certaines améliorations importantes devraient être apportées à son système antipollution au cours de la prochaine décennie; par conséquent, le moteur diesel demeurera probablement le moteur de prédilection dans l'avenir.

Notions élémentaires sur les émissions

Les moteurs à combustion interne contribuent grandement à la pollution de l'air, ce qui a un effet défavorable sur notre santé et sur notre environnement; on leur attribuerait même les changements climatiques de la planète. Tous les moteurs à combustion interne génèrent des émissions :

- d'hydrocarbures (HC), c'est-à-dire du carburant partiellement brûlé – et qu'on appelle aussi ontaminants organiques volatils (COV);
- de monoxyde de carbone (CO), c'est-à-dire un produit de la combustion incomplète du carbone;
- d'oxydes d'azote (NOx), c'est-à-dire des produits de la combustion de l'azote (présent dans l'air) à haute température;
- de particules, c'est-à-dire des particules de suie et de soufre attribuables à une combustion incomplète;
- de dioxyde de carbone (CO_2), c'est-à-dire un produit de la combustion incomplète du carbone que contient le carburant;
- d'oxydes de soufre (SOx), c'est-à-dire des oxydes générés par la combustion du soufre que contient le carburant, en particulier le carburant diesel;
- de gaz à effet de serre (GES), notamment le CO_2, le CO et les NOx.

Les quatre premiers polluants susmentionnés font l'objet d'une réglementation en vertu de normes d'émissions établies dans le monde entier. Les autres polluants ont aussi fait l'objet d'études visant leur réglementation, tout comme d'autres constituants des émissions ayant des effets toxiques sur l'environnement.

Estimation des émissions présentement

Les émissions polluantes que génèrent les véhicules résultent de l'utilisation de ces derniers; ainsi, le nombre de véhicules, leur âge, le carburant qu'ils consomment, leur type, leur usage et leur lieu d'exploitation (terrain et climat) ont tous une incidence sur les émissions. Grâce à la modélisation du parc de véhicules, Environnement Canada a fait une estimation des émissions annuelles totales des camions au Canada. Les émissions provenant de tous les véhicules à essence et diesel sont une source importante de pollution atmosphérique et, à l'échelle nationale, elles contribuent à 32 p. 100 du CO, à 32 p. 100 des NOx et à 16 p. 100 des COV. Les camions, toutefois, ne produisent qu'une faible partie de ce total. La **figure 7** précise l'apport (en pourcentage) des véhicules lourds en ce qui a trait aux émissions polluantes des véhicules et montre que les principaux polluants générés par les camions sont les particules, les SOx et les NOx, tandis que les COV et le CO représentent une faible partie de l'ensemble des polluants générés par les camions. Dans l'Inventaire national des émissions de 1995, les véhicules lourds ont généré 0,2 p. 100 des émissions de particules, 1,7 p. 100 des contaminants organiques volatils (COV), 2,3 p. 100 du CO, 2 p. 100 des SOx et 16 p. 100 des NOx.[8] Le **tableau 3** présente une répartition de ces estimations pour les véhicules routiers.

[8] Environment Canada, *1995 Emissions Inventory of Criteria Air Contaminants*, Ottawa, 1998.

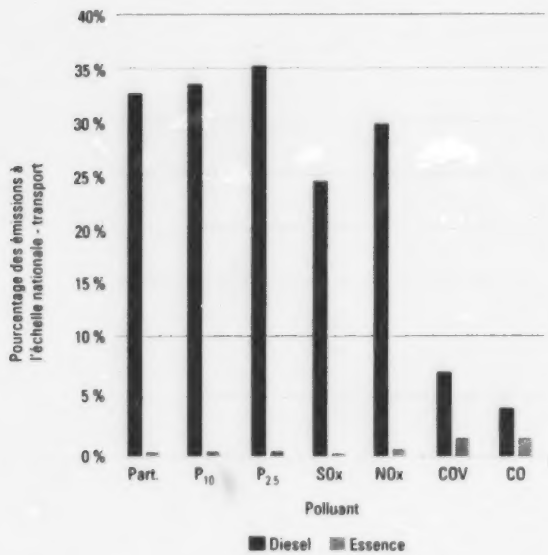
Tableau 3 | **Estimations des émissions totales au Canada, 1995**

Classe de véhicule et de carburant	Émissions annuelles (en tonnes)						
	Part.	P_{10}	$P_{2,5}$	SOx	NOx	COV	CO
Transport aérien	2 018	1 115	787	2 263	34 026	11 636	61 758
Véhicules lourds, diesel	32 075	32 075	29 498	32 807	378 300	48 540	224 438
Véhicules lourds, essence	545	528	414	588	15 073	11 814	164 787
Camions légers, diesel	1 304	1 304	1 203	1 535	5 567	2 600	4 626
Véhicules légers, diesel	379	379	347	632	1 978	747	1 667
Camions légers, essence	2 586	2 509	1 986	4 399	112 437	142 425	1 461 808
Véhicules légers, essence	4 870	4 717	3 256	11 048	273 396	355 873	3 558 667
Transport par eau	8 438	8 129	7 379	58 000	118 578	37 449	103 310
Motocyclettes	16	16	11	34	630	2 027	10 873
Véhicules tout terrain, diesel	17 081	17 081	15 714	16 149	209 231	22 581	66 365
Véhicules tout terrain, essence	4 414	3 867	3 393	1 005	25 395	93 111	1 027 393
Transport par train	19 492	19 492	17 933	7 226	115 604	5 608	22 022
Usure de pneumatiques et garnitures de freins	4 362	4 313	1 353	–	–	–	–
Total, transport	**97 588**	**95 524**	**83 276**	**135 686**	**1 290 214**	**734 412**	**6 787 715**

P_{10} = particules dont le diamètre aérodynamique est égal ou inférieur à 10 micromètres.

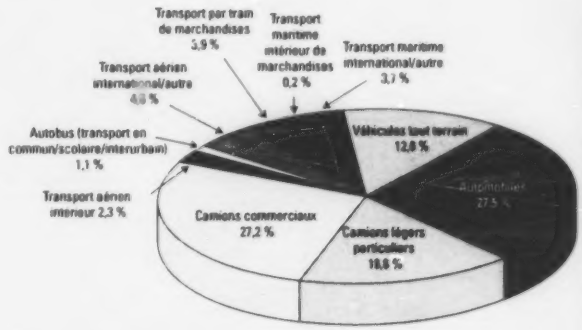
$P_{2,5}$ = particules dont le diamètre aérodynamique est égal ou inférieur à 2,5 micromètres.

Figure 7 | **Émissions des camions lourds**



En 1996, les moteurs diesel des camions et de quelques autres types de véhicules ont consommé 10,9 milliards de litres de carburant de ce type. Cette consommation représente 5 p. 100 de la demande en énergie au Canada, 12,5 p. 100 de la demande en produits pétroliers de raffinerie, et 24 p. 100 de la demande en énergie des usagers de la route. Comme le montre la **figure 8**, en 1997, les camions ont contribué à environ 27 p. 100 des émissions totales (ensemble du transport) de gaz à effet de serre.

Figure 8 | **Sources des émissions de gaz à effet de serre (ensemble du transport) en 1997**



Source : *Les transports et le changement climatique : Options à envisager.* Programme national sur le changement climatique, Tables des transports, novembre 1999.

Comparaison des émissions du transport intermodal

Au Canada, des véhicules routiers, des trains, des navires et des aéronefs assurent les services de transport de marchandises. Les discussions au sujet du mode de transport le moins polluant comportent beaucoup de problèmes de méthodologie. Les quatre modes de transport se disputent le marché du transport des marchandises, et chacun possède des caractéristiques de service qui servent à déterminer pour quel produit et dans quelle région leur usage est le plus économique.

Par exemple, le transport aérien de marchandises tend à se limiter à des produits de faible poids et de grande valeur. À l'autre extrémité du spectre, les marchandises transportées par navire dans les eaux intérieures comprennent des produits en vrac comme le minerai de fer, le charbon et le pétrole. Le navire est aussi le principal mode de transport des produits d'importation et d'exportation en Amérique du Nord. En raison de sa très grande mobilité et de sa taille relativement faible, le camion est le mode de transport préféré pour la plupart

des denrées alimentaires et des produits manufacturés. Enfin, le train est un moyen de transport concurrentiel pour les trajets longue distance et les mouvements de produits en vrac. Pour ce qui a trait aux produits industriels et agricoles, le train doit être exploité de concert avec des dessertes routières qui assurent la livraison des marchandises en provenance et à destination des terminaux ferroviaires. C'est pourquoi les services routiers et ferroviaires collaborent souvent pour assurer un service de transport intermodal, comme c'est le cas du service « Expressway » du Canadien Pacifique qui est axé sur le transport à courte et moyenne distances.

Lequel des modes – la route ou le chemin de fer – génère le moins d'émissions sur un trajet donné? La complexité de la chaîne de transport fausse les comparaisons simples. Le train a normalement été considéré comme étant le mode le plus efficace sur le plan de l'efficacité énergétique (le moins polluant) sur des liaisons uniques longue distance, mais ce type de trajet ne représente qu'une faible partie de l'ensemble du transport, et les considérations ne tiennent pas compte de la question de la répartition aux terminaux ferroviaires. Elles ne tiennent pas compte non plus des facteurs confusionnels suivants :

- la nature des marchandises (p. ex. s'il s'agit de laitue ou de gravier) – tous les produits n'ont pas la même densité ni la même valeur;
- l'itinéraire – les parcours ne sont pas tous directs; d'ailleurs des données existantes indiquent que l'itinéraire peut accroître jusqu'à 31 p. 100 (pour le train) et 15 p. 100 (pour la route) le kilométrage additionnel à parcourir;
- la vitesse et (ou) la fréquence du service; et
- les pertes et (ou) les dommages en cours de transit.

Le **tableau 4** compare les normes de base pour les émissions des deux modes de transport. Les taux d'émissions des camions sont beaucoup plus faibles pour ce qui est des particules et des NOx, mais ils sont plus élevés dans le cas des HC et du CO. Les valeurs plus élevées pour les HC et le CO sont attribuables aux différences dans le circuit d'essai; la conduite du camion est beaucoup plus dynamique que celle d'un train où la vitesse est beaucoup plus constante. Les fluctuations plus importantes de la vitesse génèrent une plus grande quantité d'émissions en fonction du circuit d'essai. Toutefois, dans le cadre d'essais sous charge constante, les émissions de HC et de CO des camions seraient égales, voire inférieures à celles du train.

Tableau 4 | Comparaison des taux d'émissions d'un camion et d'une locomotive

Type de moteur	Cycle d'essai	Taux d'émissions - moteurs 2000 (g/bhp-hr)[9]			
		HC	CO	NOx	Part.
Moteurs de camions	Cycle instationnaire	1,30	15,50	4,00	0,10
Locomotives	Acheminement direct	0,48	1,28	8,60	0,32
Locomotives	Aiguillage	1,01	1,83	12,60	0,44

La consommation en carburant des camions a diminué de plus du double au cours des 20 dernières années, et le taux d'émissions a aussi chuté. Ainsi, un camion de 34 000 kilogrammes (kg) peut maintenant parcourir une distance donnée en consommant 2,3 fois moins de carburant qu'en 1975.[10]

Mais il faut également tenir compte d'autres facteurs. Les camions sont moins comburivores, mais ils sont aussi beaucoup plus gros. En 1975, la plus grande partie des marchandises au Canada étaient acheminées par des véhicules articulés à cinq essieux dotés d'une remorque de 35 ou de 40 pieds. Aujourd'hui, ces véhicules sont encore courants, mais on a aussi recours, de plus en plus, à des véhicules à six essieux ou plus. Les remorques sont

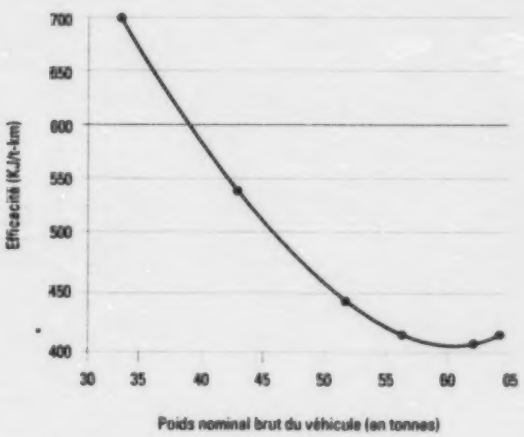
[9] G/bhp-h = grammes par HP de puissance au frein par heure. Selon les normes de l'U.S. Environmental Protection Agency pour les nouveaux véhicules et locomotives.

[10] Des parties du texte contenu dans la présente section ont été tirées, avec la permission des auteurs, du document de F Nix et M. LeBlanc, *Trucking in Canada*, Institut canadien de recherche en camionnage, Ottawa, 1995.

maintenant beaucoup plus longues – la norme de l'industrie dans la plupart des cas est de 16,2 mètres (53 pieds) – et on utilise même des trains doubles ou triples à certains endroits. Pour remettre cette amélioration de la consommation de carburant dans son juste contexte, il faut savoir qu'en 1975, un chargement type d'un peu plus de 20 tonnes exigeait environ 36,1 litres de carburant par milliers de tonnes-kilomètres. En 1995, un chargement type de 30 tonnes exige 13,3 litres par mille tonnes-kilomètres. Il s'agit donc d'une diminution de la consommation de presque trois fois, et la comparaison ne tient compte que de chargements types.

De nombreux très gros camions aujourd'hui font encore mieux. La **figure 9** montre comment la consommation de carburant diminue à mesure que le poids des camions augmente.[11] Ces données s'appliquent à des marchandises assez denses (plus de 200 kg par mètre cube). Un train de type B à huit essieux (un long véhicule articulé constitué d'un tracteur et de deux semi-remorques) d'un poids de 62 500 kg exige 36 p. 100 moins de carburant par tonne remorquée qu'un véhicule articulé à quatre essieux d'un poids de 31 600 kg.

Figure 9 | Poids et efficacité des camions



[11] Nix, F., *Trucks and Energy Use*, Association canadienne du camionnage, Ottawa, 1991.

Programmes de réduction des émissions

Le gouvernement de la Californie a commencé à réglementer les émissions des véhicules en 1959. Le Canada a adopté ses premières normes relatives aux véhicules au début des années 70, dans la foulée de l'U.S. Environmental Protection Agency (EPA). Depuis ce temps, les normes canadiennes sont presque équivalentes aux normes américaines. Toutefois, on observe certains écarts attribuables à des retards dans le processus de réglementation ou à des décisions consistant à attendre la mise au point et l'homologation de la technologie antipollution avant de l'imposer aux acheteurs de nouveaux véhicules au Canada.

Les émissions de véhicules sont contrôlées par les normes de construction des véhicules et les essais de rendement en service. Avant la vente d'un véhicule ou d'un moteur, le constructeur doit garantir que le véhicule ou le moteur est conforme aux normes d'émission en vigueur au moment de sa construction. Les normes sont définies en fonction de la quantité maximale (masse) des émissions selon la distance parcourue dans la cas des véhicules légers (moins de 3 855 kg) ou selon la puissance au frein par heure (bhp-h) dans le cas des véhicules lourds. Le gouvernement fédéral réglemente les normes d'émission pour les véhicules neufs, tandis que les provinces ont juridiction sur les véhicules en service. Les normes d'émission pour les véhicules neufs ont initialement été établies en vertu du règlement découlant de la Loi sur la sécurité des véhicules automobiles, appliquée par Transports Canada, les chapitres de la Loi portant sur les émissions étant appliqués par Environnement Canada. La responsabilité de l'ensemble des règlements sur les émissions a récemment été attribuée à Environnement Canada en vertu de la *Loi canadienne sur la protection de l'environnement (1999)*.

Il est difficile pour le Canada d'adopter des normes très différentes de celles des États-Unis en raison de la conception et de la construction d'un grand nombre de véhicules dans des usines aux États-Unis et en raison de l'important commerce transfrontalier exigeant la conformité aux normes américaines.

Normes nord-américaines

Les normes d'émissions suivantes[12] s'appliquent aux nouveaux moteurs diesel de véhicules routiers lourds. Presque tous les gros camions sont dotés de moteurs diesel. La définition actuelle d'un moteur à allumage par compression (diesel) se fonde sur le cycle du moteur plutôt que sur le mécanisme d'allumage, la présence d'une commande des gaz permettant la distinction entre le fonctionnement par cycle diesel (allumage par compression) et par cycle d'Otto (allumage par bougies). La régulation de la puissance par commande de l'alimentation en carburant à la place d'une commande des gaz correspond à une combustion à mélange pauvre et au fonctionnement par cycle diesel. (Cela permet de considérer un moteur à gaz naturel muni d'une bougie comme un moteur à allumage par compression.)

Dans les normes américaines et canadiennes, les véhicules lourds sont définis comme étant des véhicules dont le poids nominal brut (PNBV) est supérieur à 3 855 kg. Aux États-Unis, en vertu du règlement « light-duty Tier 2 regulation » (qui doit être mis en œuvre au début de 2004), certains véhicules dont le PNBV maximal est de 4 545 kg ont été reclassés dans la catégorie des « véhicules à passagers moyens » et sont assujettis à la réglementation visant les véhicules légers.

Comme dans le cas des véhicules à passagers légers, la réglementation se fonde sur le prélèvement et la mesure des émissions totales d'un véhicule ou d'un moteur pour un cycle de conduite. Les cycles de conduite utilisés ont été mis au point et peaufinés pour assurer une estimation raisonnable du régime d'exploitation total du véhicule. L'idée consiste à réduire les émissions dans tous les modes possibles d'exploitation et par le fait même à réduire les émissions totales. Dans le cas des véhicules légers, tout le véhicule est testé sur un banc dynamométrique qui simule les conditions de conduite sur route. Dans le cas des véhicules lourds, il n'y a pas de bancs dynamométriques pour ces camions, et les moteurs tournent lorsque les camions sont à l'arrêt et en mouvement; ainsi, seul le moteur fait l'objet d'un

[12] Des parties du texte contenu dans la présente section ont été fournies par DieselNet.com et utilisées avec sa permission.

essai au banc dynamométrique. Compte tenu de ces différences sur le plan des essais, les normes de base pour l'homologation des moteurs sont exprimées en g/bhp-h et exigent une analyse des émissions au banc dynamométrique du moteur qui simule son utilisation réelle selon le cycle de conduite urbain (FTP) instationnaire. Cependant, une homologation du châssis peut être requise pour les véhicules lourds à essence, les normes d'émissions pertinentes étant exprimées en g/mille.

Les normes d'émission visent à assurer la conformité du moteur à ces normes pendant toute sa « durée utile ». Ainsi, les constructeurs doivent tester les moteurs en fonction de leur durabilité, qui est définie comme suit :

- pour les moteurs diesel légers – 8 ans ou 176 000 km (selon la première éventualité);
- pour les moteurs diesel mi-lourds – 8 ans ou 296 000 km;
- pour les moteurs diesel lourds – 8 ans ou 464 000 km.[13]

D'autres exigences d'analyse des émissions mises en place en 1988 à l'intention des signataires du jugement convenu (étudié ultérieurement) et faisant partie des normes pour 2004 et après, comprennent notamment ce qui suit :

1. L'essai supplémentaire en cycle stationnaire a été mis en place pour favoriser le contrôle des émissions des gros moteurs pendant la conduite en régime constant, par exemple lors de la conduite d'un camion de transport de marchandises sur une autoroute. Le test est identique à celui du cycle stationnaire à 13 modes (ESC) de l'Union européenne (connu couramment aux États-Unis sous l'appellation de cycle « Euro III »). Le test supplémentaire en cycle stationnaire fait appel aux mêmes limites d'émission que les normes FTP (cycle de conduite urbain).
2. Les limites maximales (à ne pas dépasser, ou NTE) ont été mises en place comme instrument complémentaire pour veiller à l'exécution du contrôle des émissions des gros moteurs sur toute la plage de vitesses et de charges couramment employée. La méthode NTE prévoit une zone (la « zone NTE ») sous la courbe de couple d'un moteur où les émissions ne doivent pas dépasser une valeur prescrite pour tous les polluants réglementés.

   Le test NTE ne fait pas appel à un cycle de conduite sur une distance ou d'une durée particulière. Il fait plutôt appel à un mode de conduite, quel qu'il soit, que l'on peut rencontrer dans les limites de la zone de contrôle NTE, y compris dans des conditions stationnaires et instationnaires et dans des conditions ambiantes variables. On mesure les émissions moyennes sur une période minimale de 30 secondes et on compare les résultats aux limites d'émission NTE pertinentes. Selon la proposition de l'EPA, les valeurs spécifiques que ne doivent pas dépasser les émissions correspondent à 1,25 fois celles prescrites dans les normes FTP.

Modèles 1987 à 2003

Les normes d'émission canadiennes, fédérales américaines et californiennes pour les moteurs d'autobus et les moteurs diesel de camions lourds, modèles 1987 à 2003, sont résumées dans les tableaux ci-dessous. Dans les normes des modèles 1994 et suivants, la teneur en soufre du carburant d'homologation à été réduite à 500 parties par million en poids.

Tableau 5 | Normes d'émission canadiennes et américaines pour les moteurs diesel lourds, en g/bhp-hr

Année	HC	CO	NOx	HC+NOx	Part.
1974	-	40,0	-	16,0	-
1979	-	25,0	-	10,0	-
1985	1,3	15,5	10,7	-	-
1987	1,3	15,5	10,7	-	0,60
1990	1,3	15,5	6,0	-	0,60
1991	1,3	15,5	5,0	-	0,25
1994	1,3	15,5	5,0	-	0,10
1998	1,3	15,5	4,0	-	0,10

[13] Les exigences fédérales américaines en matière de " durée utile " ont été portées à 10 ans pour la norme de PM des autobus urbains (modèles 1994 et plus récents), sans changement aux valeurs de kilométrage susmentionnées.

Tableau 6 | **Normes d'émission de la Californie pour les moteurs diesel lourds, en g/bhp-hr**

Année	HCNM	HT	CO	NOx	Part.
1987	-	1,3	15,5	6,0	0,60
1991	1,2	1,3	15,5	5,0	0,25
1994	1,2	1,3	15,5	5,0	0,10

HCNM = hydrocarbures non méthaniques.
HT = hydrocarbures totaux.

Modèles 2004 et suivants

Au mois d'octobre 1997, l'EPA a adopté de nouvelles normes d'émission pour les moteurs d'autobus et les moteurs diesel de camions lourds, modèles 2004 et suivants. Ces normes reflètent les dispositions de l'énoncé de principe signé en 1995 par l'EPA, l'Air Resources Board (ARB) de Californie et les constructeurs de gros moteurs diesel. L'objectif était de réduire les émissions de NOx des moteurs diesel de gros véhicules routiers à environ 2,0 g/bhp-h au début de 2004. Les constructeurs sont en mesure d'homologuer leurs moteurs selon l'une des deux options indiquées au **tableau 7.**

Tableau 7 | **Normes d'émission américaines pour les moteurs diesel lourds modèles 2004 et suivants, en g/bhp-h**

Option	HCNM+NOx	HCNM
1	2,4	S.O.
2	2,5	0,5

Toutes les normes d'émission, autres que celles pour les HCNM et les NOx, s'appliquant aux gros moteurs diesel de l'année 1998 et des années suivantes, demeureront aux niveaux de 1998. L'EPA a cependant élargi la définition de « durée utile » des gros moteurs diesel comme suit : 696 000 km, 22 000 heures ou 10 ans, selon la première éventualité, et ce, pour tous les polluants et pour les modèles 2004 et suivants.

Les normes fédérales américaines de 2004 visant les camions autoroutiers sont harmonisées avec les normes canadiennes et californiennes; par conséquent, les constructeurs peuvent utiliser un seul moteur ou une seule conception de machine à l'intention de tous les marchés.

Jugement convenu

Au mois d'octobre 1998, un règlement en cour est intervenu entre l'EPA, le département de la Justice des États-Unis, le California ARB et les constructeurs de moteurs (Caterpillar, Cummins, Detroit Diesel, Volvo, Mack Trucks/Renault et Navistar) sur la question des fortes émissions de NOx générées par les moteurs diesel lourds durant certains modes de conduite. Depuis le début des années 90, les constructeurs ont fait appel à un logiciel de contrôle des moteurs qui faisait passer les moteurs à un mode de conduite moins comburivore (mais générant plus de NOx) en régime routier de croisière. L'EPA considérait ce moyen de contrôle des moteurs comme étant un « dispositif de réduction des émissions » illégal.

Les dispositions du jugement convenu comprennent notamment les points suivants :

- amendes administratives pour les constructeurs de moteurs et obligation de verser des fonds à la recherche sur la pollution ;
- obligation d'améliorer les moteurs existants pour en réduire les émissions de NOx;
- homologation des moteurs par test selon le cycle de conduite urbain (FTP) instationnaire et par test supplémentaire en cycle de conduite stationnaire; et
- obligation de satisfaire aux normes d'émissions de 2004 au plus tard au mois d'octobre 2002, soit 15 mois à l'avance.

Modèles 2007 et suivants

Le 21 décembre 2000, l'EPA a rendu sa décision finale sur les normes d'émission pour les moteurs de camions autoroutiers lourds modèle 2007 et des années suivantes. Les normes sont entrées en vigueur ce même mois. Les nouvelles règles contiennent deux composantes :

- le règlement sur le carburant diesel; et
- les normes d'émission.

Le règlement sur le carburant limite la teneur en soufre du carburant diesel des véhicules routiers à 15 ppm (en poids), une réduction importante par rapport à la limite de 500 ppm précédemment en vigueur. Les dispositions sur le carburant entreront en vigueur à compter de juin 2006. Ce carburant diesel à très faible teneur en soufre

est considéré comme un « outil technologique clé » pour le perfectionnement de technologies de réduction des émissions des gaz d'échappement sans soufre, telles que des filtres de particules et des catalyseurs pour l'élimination des NOx dans les moteurs diesel, des éléments qui seront nécessaires pour satisfaire aux normes d'émissions de 2007.

La deuxième partie des nouvelles normes présente de nouvelles normes d'émission très strictes. La nouvelle norme d'émission de particules fines de 0,01 g/bhp-h doit entrer en vigueur pour les moteurs lourds construits en 2007. De plus, les nouvelles règles contiennent des valeurs réduites pour les émissions de NOx et de HCNM, soit 0,20 g/bhp-h et 0,14 g/bhp-h, respectivement. Ces normes visant les NOx et les HCNM entreront progressivement en vigueur entre 2007 et 2010. L'entrée en vigueur progressive se fera en fonction d'un pourcentage des ventes : 25 p. 100 en 2007, 50 p. 100 en 2008, 75 p. 100 en 2009 et 100 p. 100 en 2010. L'EPA a aussi imposé une norme d'émission de formaldéhyde de 0,016 g/bhp-h pour garantir que ce gaz ne sera pas émis au moment de l'arrivée prévue du post-traitement par réducteur catalytique au cours de la prochaine décennie.

Europe

Les normes européennes s'appliquant aux moteurs diesel de camions mi-lourds et lourds sont couramment désignées par les expressions Euro I à Euro V. Les normes Euro I des moteurs de camions mi-lourds et lourds sont entrées en vigueur en 1992, tandis que les normes Euro II l'ont été en 1996. Ces normes visent les moteurs diesel de grosse cylindrée de camions autoroutiers et les autobus urbains.

En 1999, le Parlement européen et le Conseil des ministres de l'Environnement ont adopté la norme Euro III (directive 1999/96/CE du 13 décembre 1999, modifiant la directive 88/77/CEE), ainsi que les normes Euro IV et V pour les années 2005 à 2008. Les normes spécifient également des valeurs d'émission plus sévères pour les véhicules produisant très peu d'émissions (EEV ou « enhanced environmentally friendly vehicles ») afin de favoriser la réduction de la pollution atmosphérique en milieu urbain. Le **tableau 8** contient un résumé des normes d'émissions et leurs dates d'entrée en vigueur.

Tableau 8 | Normes de l'Union européenne pour les émissions des moteurs diesel lourds, g/kWh (fumée en m⁻¹)

Étape	Date et catégorie	Cycle de mesure	CO	HC	NOx	Part.	Fumée
Euro I	1992, <85 kW	A	4,5	1,10	8,0	0,612	
	1992, >85 kW	A	4,5	1,10	8,0	0,36	
Euro II	1996.10	-	4,0	1,10	7,0	0,25	
	1998.10	-	4,0	1,10	7,0	0,15	
Euro III	1999.10, EEVs seulement	B	1,5	0,25	2,0	0,02	0,15
	2000.10	B	2,1	0,66	5,0	0,10	0,8
						0,13 *	
Euro IV	2005.10	-	1,5	0,46	3,5	0,02	0,5
Euro V	2008.10	-	1,5	0,46	2,0	0,02	0,5

A. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/ece_r49.html

B. http://www.dieselnet.com/standards/cycles/esc.html
http://www.dieselnet.com/standards/cycles/elr.html

g/kWh = grammes par kilowattheure.

* Pour les moteurs de cylindrée inférieure à 0,75 dm^3 par cylindre et ayant une vitesse de rotation nominale de plus de 3 000 tr/min.

Il est prévu que les valeurs limites des émissions établies pour 2005 à 2008 exigeront des nouveaux véhicules lourds munis de moteurs diesel qu'ils soient dotés de dispositifs de post-traitement des gaz d'échappement, par exemple des filtres à particules et des catalyseurs permettant d'éliminer les NOx. La norme de 2008 pour les émissions de NOx sera revue au plus tard le 31 décembre 2002, confirmée ou modifiée en fonction des nouvelles technologies de réduction des émissions en place.

Des modifications aux cycles de mesure des moteurs ont été introduites dans la norme Euro III (année 2000). L'ancien cycle de mesure du moteur stationnaire de la CEE (Commission économique européenne) R-49 sera remplacé par deux cycles : le cycle stationnaire ESC (European Stationary Cycle) et le cycle instationnaire ETC (European Transient Cycle). L'opacité de la fumée est mesurée par l'essai ELR (European Load Response).

Aux fins de l'approbation de type des nouveaux véhicules diesel selon la norme Euro III (année 2000), les constructeurs peuvent effectuer, à leur choix, l'un ou l'autre de ces essais. Aux fins de l'approbation des

véhicules selon les valeurs limites de la norme Euro IV (année 2005) et des EEV, les émissions doivent être calculées à l'aide des tests ETC et ESC/ELR.

Le **tableau 9** présente un résumé des normes d'émission des moteurs diesel qui doivent être vérifiées par cycle de mesure ETC, ainsi que celles des moteurs à essence de véhicules lourds.

Tableau 9 | **Normes d'émission pour les moteurs diesel et à essence, cycle de mesure ETC, g/kWh**

Étape	Date et catégorie	Cycle de mesure	CO	HCNM	CH_4[a]	NOx	Part[b]
Euro III	1999.10, EEV seulement	ETC	3,0	0,40	0,65	2,0	0,02
	2000.10	ETC	5,45	0,78	1,6	5,0	0,16
							0,21[c]
Euro IV	2005.10	-	4,0	0,55	1,1	3,5	0,03
Euro V	2008.10	-	4,0	0,55	1,1	2,0	0,03

a Pour les moteurs au gaz naturel seulement (CH_4 = méthane).

b Ne s'applique pas aux moteurs à essence aux étapes 2000 et 2005.

c Pour les moteurs de cylindrée inférieure à 0,75 dm^3 par cylindre et ayant une vitesse de rotation nominale de plus de 3 000 tr/min.

Il importe de remarquer que la réglementation européenne en vigueur ne prévoit pas la preuve de la durabilité du contrôle des émissions. Cette lacune sera corrigée dans les prochains règlements qui entreront en vigueur à compter de 2005.

Ailleurs dans le monde

Les normes américaines ou européennes servent à établir les normes – dans certains cas, elles sont employées intégralement – dans la plupart des autres pays. Le Japon a élaboré ses propres normes (voir le **tableau 10**) en fonction des caractéristiques de conduite dans ce pays très urbanisé. Dans bien des pays à plus faible revenu, les coûts de l'imposition par voie législative et de l'application de normes pour les nouveaux véhicules sont prohibitifs. C'est pourquoi un programme mené par les Nations Unies est en place pour l'établissement d'un programme de normes internationales destiné à garantir l'assurance de qualité des véhicules importés. Ces normes se fonderont probablement sur les normes et les procédures d'essai américaines ou européennes.

Tableau 10 | **Normes japonaises d'émission pour les véhicules lourds**

Poids nominal brut du véhicule	Date	Essai	Unité	CO		HC		NOx		Part.	
				max	moy	max	moy	max	moy	max	moy
< 1 700 kg	1988	10-15 mode	g/km	2,7	2,1	0,62	0,40	1,26	0,90		
	1993			2,7	2,1	0,62	0,40	0,84	0,60	0,34	0,20
	1997			2,7	2,1	0,62	0,40	0,55	0,40	0,14	0,08
	2002[a]				0,63		0,12		0,28		0,052
1 700 à 2 500 kg	1988	6 mode	ppm	980	790	670	510	500 DI 350 IDI	380 DI 260 IDI		
	1993	10-15 mode	g/km	2,7	2,1	0,62	0,40	1,82	1,30	0,43	0,25
	1997-98			2,7	2,1	0,62	0,40	0,97	0,70	0,18	0,09
	2003[a]				0,63		0,12		0,49		0,06
> 2 500 kg	1988-89	6 mode	ppm	980	790	670	510	520 DI 350 IDI	400 DI 280 IDI		
	1994	13 mode	g/kWh	9,20	7,40	3,80	2,90	7,80 DI 6,80 IDI	6,00 DI 5,00 IDI	0,96	0,70
	1997-98[b]			9,20	7,40	3,80	2,90	5,80	4,50	0,49	0,25
	2004[a]				2,22		0,87		3,38		0,18

« **Max** » : à respecter à titre de limite d'approbation de type si les ventes sont inférieures à 2 000 unités par modèle de véhicule, par année et, en général, à titre de limite individuelle pour la production en série.

« **Moy** » : à respecter à titre de limite d'approbation de type et à titre de moyenne pour la production.

DI = injection directe.
IDI = injection indirecte.

a De nouvelles valeurs cibles à court terme présentées par le Central Council for Environmental Pollution Control 1998.12.14.

b 1997 : PNBV 2 500 à 3 500 kg; 1998 : PNBV 3 500 à 12 000 kg; 1999 : PNBV > 12 000 kg.

Programmes d'inspection, d'entretien et de modification en service

Une fois les véhicules construits et vendus, il revient aux provinces canadiennes de faire appliquer les normes d'entretien des dispositifs de contrôle des émissions. L'efficacité de ces dispositifs diminue avec le temps. Cependant, un bon entretien du véhicule assurera une émission minimale de matières polluantes.

Inspection des véhicules

L'émission de fumées visibles est signe d'un mauvais entretien du moteur, qu'il soit à essence ou à carburant diesel. Dans le cas des moteurs diesel, l'émission de fumées indique clairement des problèmes possibles au

niveau du carburant, du circuit d'admission d'air, des injecteurs ou des cylindres. C'est pourquoi on mesure l'opacité des fumées (dans le cadre d'un test en service) afin d'identifier les émetteurs importants. Bien qu'imparfait – il peut rater certains de ces émetteurs – l'essai est peu coûteux et assez simple d'exécution. Quelque 20 États américains ainsi que la Colombie-Britannique et l'Ontario ont instauré un essai en service comme moyen de garantir que les véhicules continuent de satisfaire à leurs caractéristiques de contrôle des émissions.[14] Les programmes font appel à des inspections périodiques obligatoires, par exemple en Ontario, ou à des inspections aléatoires sur la route, comme en Colombie-Britannique (l'Ontario procède également à ce type d'inspection).

Gestion du vieillissement des véhicules

Les véhicules neufs sont mieux conçus et construits que les véhicules plus anciens. L'amélioration de la consommation de carburant des camions demeure un objectif constant et, au cours des 15 dernières années, les émissions de NOx et de particules ont diminué de plus de la moitié. Par conséquent, le remplacement aussi fréquent que possible des véhicules par des nouveaux modèles peut avoir un effet significatif sur la réduction des émissions. Comme on l'a indiqué dans la section du document portant sur l'évolution des véhicules, les conducteurs de camions longue distance disposent généralement de matériel moderne. Les parcs de véhicules urbains ont toutefois tendance à être plus vieux et sont par conséquent plus polluants. Les véhicules agricoles, même s'ils sont assez vieux, ne sont généralement pas exploités près des principales zones urbaines et leurs émissions plus importantes ont peu d'effet sur la qualité de l'air. Ainsi, la plupart des programmes de gestion du vieillissement des véhicules ont surtout été axés sur les véhicules de transport scolaire, urbain et interurbain et sur les véhicules agricoles; des primes sont d'ailleurs prévues aux fins de la mise au rancart et du remplacement de ces véhicules ou de la mise à jour de leurs systèmes antipollution.

Le premier programme de remplacement volontaire de vieux véhicules légers hautement polluants (autres que des camions) a été mené en 1990 par l'Union Oil of California (UNOCAL), qui offrait 700 $ amér. par vieux véhicule; 3 000 véhicules ont été offerts au cours des deux premières journées du programme. Depuis ce temps, les divers programmes de la Californie ont permis de mettre au rebut environ 30 000 véhicules légers.

Très peu de programmes de remplacement de camions lourds ont été instaurés, et aucun au Canada. Comme l'incitatif au remplacement est d'ordre financier, il est peu probable que de fortes primes monétaires puissent être offertes pour susciter un intérêt de la sorte. Par ailleurs, les camions ont fait l'objet de programmes de modernisation.

Programmes de modernisation

Le bien-fondé de programmes de modernisation est comparable à celui des programmes de mise au rebut – c'est-à-dire de faire en sorte que les parcs de vieux véhicules soient dotés de systèmes antipollution plus modernes. Lorsqu'il s'agit de modernisation, les propriétaires sont tenus de remplacer ou d'ajouter de l'équipement au véhicule pour le rendre moins polluant.

Aux États-Unis, cette méthode a d'abord été employée en 1993 pour les autobus interurbains; aujourd'hui, plusieurs États essaient de mettre en place des programmes volontaires axés sur les camions lourds. Les lignes directrices de ces programmes visent à réduire les émissions de particules et exigent que l'équipement de remplacement soit approuvé pour réduire l'émission de particules de 25 p. 100 ou à 0,1 g/bhp-h.

La modernisation d'un moteur comprend, sans s'y limiter, les activités suivantes :

- l'ajout aux moteurs homologués d'un équipement de post-traitement neuf ou assurant une meilleure réduction des émissions;
- l'amélioration d'un moteur homologué dans une configuration certifiée « plus propre »;
- l'amélioration d'un moteur non homologué dans une configuration presque certifiée « plus propre »;
- la conversion de tout moteur à un carburant moins polluant;
- le remplacement prématuré de moteurs plus vieux par des moteurs plus récents (présumément plus propres), plutôt que de les réusiner;

[14] Environnement Canada, Direction des systèmes de transport, *The State of Heavy-Duty Vehicles Emission Inspection and Maintenance in Canada and the United States*, EPS2/TS/12, mars 2000.

- l'utilisation d'un carburant moins polluant et (ou) d'un additif réducteur d'émissions (sans conversion du moteur).

Le South Coast Air Quality Management Department (SCAQMD) en Californie exploite peut-être le programme le plus actif. L'initiative,[15] qui fait partie du Carl Moyer Memorial Air Quality Standards Attainment Program, à l'échelle de l'État, vise à accélérer l'introduction de moteurs lourds à faibles émissions pour les camions, les autobus interurbains et scolaires, les bateaux et les véhicules tout terrain comme les chariots élévateurs à fourches et l'équipement de terrassement. Au cours de l'exercice financier 2000-2001, l'État prévoit verser 28,5 millions de dollars amér. sous forme de subventions en vertu du programme.

La plus haute priorité est accordée aux moteurs à carburant de remplacement comme le gaz naturel comprimé, le gaz naturel liquéfié, le propane et l'électricité. Les moteurs diesel plus propres sont aussi considérés dans certains cas. Les fonds affectés au programme peuvent servir à favoriser l'acquisition de véhicules neufs, de nouveaux moteurs et la modernisation des moteurs existants. Des fonds sont aussi disponibles pour les postes de recharges électrique et le carburant de remplacement. De façon générale, l'équipement et les véhicules neufs doivent offrir une réduction de 30 p. 100 des émissions de NOx comparativement aux normes d'émission en vigueur, et le matériel modifié doit présenter une réduction de 15 p. 100 de ces mêmes émissions. L'équipement et les véhicules subventionnés doivent être exploités pendant au moins cinq ans, et 75 p. 100 de leur utilisation doit se faire à l'intérieur de la zone sous la juridiction du SCAQMD.

La Suède a mis au point un programme similaire. Les trois plus grandes villes suédoises en importance – Stockholm, Goteburg et Malmo – ont créé des « zones environnementales » au cœur de chaque ville en vue d'améliorer la qualité de l'air ambiant. La réglementation dans les zones environnementales n'est pas harmonisée avec les normes d'émission de l'Union européenne et relève de la législation locale portant sur les véhicules en service et l'utilisation des véhicules. La loi permet aux collectivités de la Suède de mettre en place des limites sur les véhicules lourds dans les zones dont l'environnement doit être protégé. Les véhicules d'un certain âge doivent être munis d'un dispositif antipollution approuvé pour être admissibles à une exemption et être autorisés à circuler dans les zones environnementales.

Une dérogation générale au règlement a été accordée aux véhicules de 8 ans ou moins. Tous les véhicules de plus de 15 ans sont interdits. Les véhicules de 9 à 15 ans doivent être munis d'un dispositif antipollution. Le **tableau 11** précise les réductions des émissions pour les véhicules modifiés.

Tableau 11 | Exigences de modification en Suède

Polluant	Réduction des émissions
Particules fines de diesel (Part.)	80 % *
Hydrocarbures (HC)	60 %
Oxydes d'azote (NOx)	Aucune augmentation
Bruit	Aucune augmentation

* Les systèmes de " type A " offrant une réduction de 20 % des particules fines ont aussi été autorisés à l'étape initiale du programme. Depuis 1999, les véhicules dotés de systèmes de type A ne sont plus autorisés dans les zones environnementales.

Les dispositifs antipollution approuvés sont les convertisseurs catalytiques munis de pièges à particules. Ces dispositifs sont efficaces en raison de l'utilisation répandue, en Suède, de carburant diesel à faible teneur en soufre. Le carburant diesel à faible teneur en soufre, c'est-à-dire 0,10 ppm au maximum, représente plus de 90 p. 100 du carburant diesel que consomme l'ensemble des véhicules lourds.

Une évaluation de l'efficacité du programme, menée un an après sa mise en œuvre, a montré les réductions suivantes des émissions de camions lourds :

- Part. – 20 %;
- HC – 10 %;
- NOx – 8 % (surtout en raison du renouvellement du parc de véhicules); et
- une diminution du niveau de bruit total malgré une augmentation du trafic.

Le programme a aussi entraîné une augmentation du nombre de véhicules lourds dotés de moteurs à alcool et au gaz naturel comprimé dans les zones. On estime à 3 000 le nombre de véhicules qui ont été dotés de dispositifs antipollution au cours des trois premières années du programme.

[15] http://www.arb.ca.gov

Options et solutions technologiques

Technologies des moteurs

La principale technologie employée dans les camions est le moteur diesel. Il est fort probable que ce moteur continuera à jouer son rôle dominant et qu'il sera encore plus répandu dans les camions plus légers. Les raisons motivant l'utilisation du moteur diesel sont les suivantes :

1. *L'efficacité énergétique.* La principale raison motivant l'utilisation du moteur diesel dans la plupart des applications est sans aucun doute son efficacité énergétique supérieure. Les moteurs diesel et les moteurs à bougies présentent des caractéristiques de puissance comparables, mais le moteur diesel consomme moins de carburant pour effectuer le même travail. La consommation inférieure de carburant du moteur diesel varie selon l'application, mais selon les estimations typiques, il consomme entre 25 et 35 p. 100 moins de carburant.
2. *L'efficacité générale.* Les moteurs à bougies ne constituent pas une alternative viable aux moteurs diesel pour les applications exigeant une grande puissance à faible régime. Tous les moteurs à combustion interne génèrent de la chaleur résiduelle, mais les moteurs à bougies en génèrent plus, dans l'ensemble, que les moteurs à allumage par compression et nécessitent donc plus de refroidissement. De façon générale, les moteurs à bougies ont une cylindrée maximale de 10 litres et ne sont pas employés pour des applications nécessitant une puissance supérieure à 400 HP.
3. *La durabilité et la fiabilité.* De tout temps, les moteurs diesel sont reconnus pour leur durabilité et leur fiabilité. Un des principaux constructeurs de moteurs diesel a récemment démonté un moteur de camion d'une puissance de 412 HP, choisi aléatoirement, qui avait parcouru 1,28 million de kilomètres. Le moteur, de modèle 1996, avait tiré des charges de 36 400 kg, en moyenne, à une vitesse moyenne de 100 km/h. On a jugé que le moteur pouvait encore être exploité sur une distance de 400 000 km avant de faire l'objet d'une révision.[16]
4. *La sécurité du carburant.* Les carburants diesel sont en général moins volatils que les carburants employés dans les moteurs à bougies; leur entreposage et leur manutention sont par conséquent plus sûrs. Cette plus faible volatilité du carburant est une autre caractéristique qui motive l'emploi des moteurs diesel pour certaines applications. Les véhicules d'incendie, les ambulances, les véhicules militaires, les bateaux, les autobus scolaires et les moteurs de certaines installations fixes font appel au diesel en raison, du moins en partie, de sa faible volatilité et, par conséquent, de la sécurité accrue des carburants de ce type.

La technologie de réduction des émissions des moteurs diesel a été axée sur l'amélioration du contrôle du processus de combustion même - appelé contrôle dans le cylindre. Cela a permis d'apporter des changements significatifs aux moteurs, notamment :

- l'utilisation de dispositifs électroniques pour une régulation plus précise de l'injection de carburant;
- des modifications aux composants des cylindres de manière à obtenir un ajustement plus serré des segments, un meilleur mélange du carburant, etc.;
- une augmentation de la pression d'injection du carburant pour accroître l'efficacité et réduire la production de fumée;
- la réduction des émissions de NOx par l'emploi de capteurs de charge du moteur.

Contrairement aux moteurs à essence, le post-traitement des émissions du moteur par le biais de catalyseurs n'est pas encore très répandu dans le cas des moteurs diesel. Cela est dû au fait que ces moteurs ont été en mesure de satisfaire aux normes sans le recours à ces techniques et aussi au fait que les catalyseurs sont peu durables en raison de la présence de soufre dans le carburant. Le soufre recouvre ou « empoisonne » les surfaces du catalyseur et rend ce dernier inefficace après une courte période.

[16] « Caterpillar C-12 Tear-Down Inspection Confirms Engine's Durability, » communiqué de presse, 8 septembre 1999.

Compte tenu des modifications apportées aux normes, les motoristes devront probablement avoir recours à des techniques de post-traitement pour se conformer aux nouveaux niveaux d'émission. Ces techniques comprendront :

- des pièges à particules qui réduisent la quantité de particules dissipées;
- des catalyseurs d'oxydation, pour assurer une combustion complète des HC et du CO; et
- des catalyseurs permettant de supprimer les NOx.

Presque toutes les techniques utilisant des catalyseurs qui seront employées sont sensibles au soufre comme indiqué précédemment. La future réglementation sur la teneur en soufre du carburant diesel favorisera le développement de la technologie de la même façon qu'à l'époque de l'élimination du plomb dans l'essence qui fut requise pour les véhicules légers dans les années 70. Le coût de ces techniques – sans tenir compte du prix majoré du carburant à faible teneur en soufre – sera important. Présentement, on estime que les coûts par nouveau véhicule[17] seront de l'ordre de 600$ à 1 600$ dans le cas des catalyseurs d'oxydation, de 5 000$ à 6 000$ pour les pièges à particules et de 7 000$ à 15000$ pour les systèmes à carburants mixtes. Le coût associé à l'élimination du soufre sera aussi important mais techniquement possible; en effet, la Suède a adopté des exigences dont les valeurs sont inférieures à celles des normes que proposent les États-Unis et le Canada.

Ces technologies réduiront encore les émissions des camions de 90 p. 100 (les émissions de particules passeront de 0,1 g/bhp-h à 0,01 g/bhp-h), ce qui favorisera une durabilité accrue des systèmes de réduction d'émissions.

[17] Manufacturers of Emission Controls Association, *Independent Cost Survey for Emission Control Retrofit Technologies*, Washington, D.C., December 2000.

[18] Mitchell, Ken, « Effects of Fuel Properties and Source on Emissions from Five Different Heavy Duty Diesel Engines, » SAE Paper 2000-01-2890, Society of Automotive Engineers, Warrendale, PA, 2000.

[19] Olivastri, B. and Williamson, M., « A Review of International Initiatives to Accelerate the Reduction of Sulphur in Diesel Fuel, » Oil, Gas & Energy Branch, Air Pollution Prevention Directorate, Environmental Protection Service, Environment Canada, December 2000.

Propriétés du carburant diesel

La qualité du carburant et ses éléments constitutifs influent sur les émissions. Les deux principales propriétés du carburant diesel sont la teneur en cétane et la teneur en soufre. D'autres caractéristiques, comme la teneur en carbone, peuvent être modifiées par le remplacement du type de carburant comme nous le verrons plus tard à la section portant sur les carburants de remplacement.

Cétane

L'indice de cétane permet de mesurer la combustibilité du carburant de la même façon que l'indice d'octane dans le cas de l'essence. Un indice de cétane faible indique généralement une combustion moins efficace, ce qui peut avoir un effet sur les émissions de CO, de HC et de particules.[18] Le cétane n'est pas réglementé sur le marché, mais les exigences opérationnelles font en sorte que le consommateur doit généralement accepter les limites des produits provenant des raffineurs.

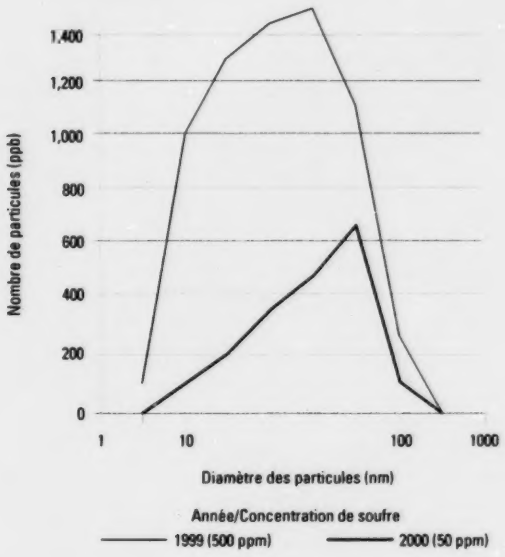
Soufre

La teneur en soufre est fonction de la source de produit brut à partir duquel le carburant a été raffiné, ainsi que du procédé de raffinage employé. Au moment de sa combustion, le soufre forme des oxydes de soufre (SOx), qui ont des effets néfastes sur la santé et la végétation, qui acidifient les eaux et corrodent les matériaux. Le soufre contamine aussi les catalyseurs de post-traitement des gaz d'échappement, comme le fait le plomb dans l'essence, ce qui limite la réduction possible des émissions.

La teneur en soufre peut aussi créer la formation de particules dans les cylindres. La réduction de la teneur en soufre peut ainsi contribuer immédiatement et de façon importante à l'amélioration de la qualité de l'air ambiant, comme l'indiquent les résultats d'une étude menée par le gouvernement du Danemark qui, en 1999, a réduit la teneur en soufre des carburants à 50 ppm.[19] La **figure 10** montre que la concentration maximale de particules a chuté de 1 500 ppb à 700 ppb dans

une période d'une année depuis l'entrée en vigueur de la réglementation. De plus, le graphique montre l'évolution de la répartition de la taille des particules, des petites particules à de plus grosses, qui sont moins dommageables pour la santé.

Figure 10 | Concentration de particules dans une rue échantillonnée de Copenhague



En 1993, la teneur en soufre moyenne de tous les carburants diesel au Canada était de 1800 ppm.[20] En 1997, la teneur moyenne avait diminué à 1 200 ppm. Cette réduction fut le résultat d'un protocole d'entente intervenu entre Environnement Canada et la plupart des raffineurs canadiens et visant à fournir un carburant diesel à faible teneur en soufre au détail et destiné à des véhicules routiers. La mise en œuvre du Règlement fédéral sur le carburant diesel (1997), entré en vigueur en 1998 pour tous les véhicules routiers, devrait entraîner une réduction supplémentaire de cette teneur moyenne en soufre. En 1997, la teneur moyenne en soufre des carburants diesel pour véhicules routiers et pour véhicules tout terrain était de 300 ppm et de 2 400 ppm respectivement.

La réglementation en vigueur exige que la teneur maximale en soufre soit de 50 ppm à compter de 2006. Si le Canada s'aligne sur les États-Unis, la teneur en soufre passera à 15 ppm à compter de 2006. Aux États-Unis, l'EPA a estimé que le coût global associé à la réduction de la teneur en soufre actuelle de 500 ppm à 15 ppm représentera une majoration de prix de 1,3 à 1,6 cent le litre.[21] Cette estimation tient compte d'une augmentation d'environ 1,6 cent le litre des coûts de la production et de la distribution du carburant et d'une réduction d'environ 0,4 cent le litre ou plus des frais d'entretien des véhicules attribuables à l'emploi d'un carburant plus propre. L'industrie du raffinage a toutefois estimé que ces coûts seraient beaucoup plus élevés.

Certains pays, comme la Suède, sont allés beaucoup plus loin en matière de réduction de la teneur en soufre. La Suède a été le premier pays a grever une taxe environnementale sur la teneur en soufre du carburant diesel en 1991; des réductions subséquentes en 1992 et en 1996 ont f .it en sorte que presque tout le carburant diesel destiné au transport urbain a maintenant une teneur en soufre de 10 mg/kg (ppm).

Carburants de remplacement

Le passage à un carburant de remplacement dans les camions constitue une option en vue de la réduction des émissions. Toutefois, le passage à un autre type de carburant est très compliqué et très coûteux, car la plupart des carburants de remplacement ne brûlent pas dans le cycle diesel (sans bougie) et s'il faut munir les moteurs d'un allumage par bougies, l'efficacité énergétique s'en trouve grandement réduite. Dans une analyse récente,[22] on a estimé que le passage du carburant diesel au deuxième meilleur carburant de remplacement entraînerait une augmentation du coût total (direct et indirect) du transport par autobus, par train et par camion correspondant aux pourcentages suivants :

[20] Environnement Canada, *Final Report of the Government Working Group on Sulphur in Gasoline and Diesel Fuel*, Ottawa, juillet 1998 (http://www.ec.gc.ca).

[21] U.S. Environmental Protection Agency, « Proposed Heavy-Duty Engine and Vehicle Standards and Highway Diesel Fuel Sulfur Control Requirements, » annonce de règlement, EPA420-F-00-022, May 2000.

[22] *Diesel Technology and the American Economy*, prepared for Diesel Technology Forum, Herndon, VA, by Charles River Associates, Washington, D.C., October 2000.

- 24 % dans le cas du transport par autobus urbain;
- 48 % dans le cas du transport ferroviaire;
- 56 % dans le cas du camionnage et de l'entreposage.

Dans certains cas et pour certains parcs de véhicules toutefois, ces coûts seraient beaucoup moins élevés et pourraient même représenter des économies, normalement en raison de l'absence d'un impôt routier sur le carburant de remplacement.

Gaz naturel

En raison de sa nature gazeuse et de sa faible teneur en carbone, le gaz naturel influe considérablement sur les émissions de CO, de HC et de particules, et des réductions de 50 à 60 p. 100, sans post-traitement, sont possibles. Les températures de combustion ayant cependant tendance à être élevées, la quantité de NOx générée augmente de 20 à 30 p. 100. Le gaz naturel a toujours fait appel à un allumage par bougies, mais une société canadienne[23] a récemment mis au point un injecteur de carburant mixte qui permet la bicarburation continue du carburant diesel et du gaz naturel. Cette technique élimine les pertes d'efficacité énergétique mais conserve la plupart des avantages de réduction des émissions. Pour les camions mi-lourds à essence, la conversion au gaz naturel offre une solution plus concurrentielle, car la réduction de l'efficacité est beaucoup moins importante.

Éthanol

L'éthanol, qui peut être produit à partir de résidus de maïs et d'autres déchets agricoles, a fait l'objet d'essais dans les moteurs diesel, sans grand succès. Il présente cependant certains avantages en matière de réduction des gaz à effet de serre s'il est employé comme additif dans l'essence. Normalement, il est mélangé à l'essence dans une proportion de 10 à 15 p. 100. Dans les camions mi-lourds qui ne sont pas munis de catalyseurs de post-traitement, il est possible de réduire les émissions, surtout celles de CO. Pour des concentrations plus élevées d'éthanol, il faut avoir recours à des moteurs spécialement conçus qui ne sont présentement offerts que pour des véhicules légers.

Biodiesel

Ce carburant est produit à partir de produits agricoles, surtout le soya, et constitue un substitut au carburant diesel ordinaire. Son principal avantage est de réduire les émissions de gaz à effet de serre en raison du carbone à cycle court qu'il contient. De plus, comme le biodiesel a une très faible teneur en soufre, les émissions de particules par les camions fonctionnant avec ce type de carburant sont plus faibles. Compte tenu du fait de la faible production de ce carburant, son prix est présentement plus élevé que celui du carburant diesel ordinaire. Dans l'industrie du camionnage qui est vulnérable aux coûts, ce type de carburant n'a pas vraiment trouvé preneur sur le marché.

Hydrogène

D'aucuns voient l'hydrogène comme étant le carburant par excellence. Il peut être extrait de l'eau et présente des caractéristiques similaires à celles du gaz naturel, mais comme il ne contient pas de carbone, sa combustion se fait encore plus proprement. Il s'agit toutefois d'un carburant qui est extrêmement difficile à adapter à un moteur. De plus, le carburant doit être stocké dans des réservoirs à très haute pression ou sous forme liquide à de très basses températures dans de gros réservoirs isolés. Les deux installations ajoutent du poids au véhicule, réduisant par le fait même sa charge utile, et elles nécessitent des dépenses élevées pour l'approvisionnement et la compression ou la liquéfaction du carburant. Le carburant, à l'état pur, fait aussi appel à un allumage par bougies, ce qui en réduit l'efficacité.

Une solution de rechange pour l'utilisation de l'hydrogène consiste à employer une pile à combustible. Dans cette technologie, le carburant sert à alimenter la pile à combustible qui convertit l'énergie chimique en énergie électrique. Le Canada est un chef de file mondial dans le développement de la technologie des piles à combustible (consulter Internet à l'adresse http://www.nrcan.gc.ca pour de plus amples renseignements), qui fait présentement l'objet d'essais pour les véhicules de toutes tailles chez les principaux constructeurs automobiles. La pile à combustible pourrait permettre de construire des véhicules générant très peu d'émissions. Cependant, les piles à combustible ne devraient pas être offerts

[23] Westport Technologies Ltd. of Vancouver (http://www.westport.com).

sur le marché avant de nombreuses années, car la commercialisation de cette technologie fait face à des obstacles de taille, notamment :

- Les groupes motopropulseurs sont plus coûteux et plus encombrants, car les systèmes d'entraînement des véhicules devant être convertis à des systèmes électriques.
- Le stockage du carburant est un problème important, car le carburant employé est l'hydrogène ou une forme de carburant liquide comme l'essence ou le méthanol qui doit être retransformé en hydrogène.
- Le ravitaillement en carburant en quantité suffisante et la création d'un nouveau réseau de distributeurs posent des problèmes.
- Les avantages énergétiques ne sont pas assez importants comparativement à certains des systèmes hybrides à carburant diesel et à diesel perfectionné.

Autres technologies

On peut avoir recours à d'autres technologies pour rendre le fonctionnement les véhicules plus efficace et en réduire les émissions. Certains moyens visent à réduire la force nécessaire pour déplacer le camion. Ces moyens comprennent notamment :

- des pneumatiques à faible résistance au roulement qui permettent de réduire le frottement, la consommation de carburant ainsi que les émissions (de 1 à 3 p. 100);
- des dispositifs aérodynamiques qui réduisent la résistance à l'air des camions; ces dispositifs sont particulièrement efficaces sur les autoroutes et peuvent contribuer à une diminution de la consommation de carburant et à une réduction des émissions (de 2 à 5 p. 100);
- un allégement des structures, pour contribuer de deux façons à diminuer la consommation de carburant et les émissions : d'abord en réduisant le poids du véhicule non complètement chargé et ensuite en permettant au camion d'embarquer une plus grande charge utile, de manière à diminuer le nombre de camions nécessaires au transport des marchandises.

D'autres moyens technologiques visent à optimiser l'utilisation de la puissance du moteur, notamment :

- des boîtes de vitesses à commande entièrement électronique qui assurent le bon réglage du rapport à utiliser;
- des systèmes de gestion des moteurs qui permettent de contrôler le régime de ralenti, l'accélération et la vitesse maximale du camion;
- des lubrifiants perfectionnés qui réduisent le frottement dans le moteur de sorte qu'une puissance accrue peut être générée sans surchauffe.

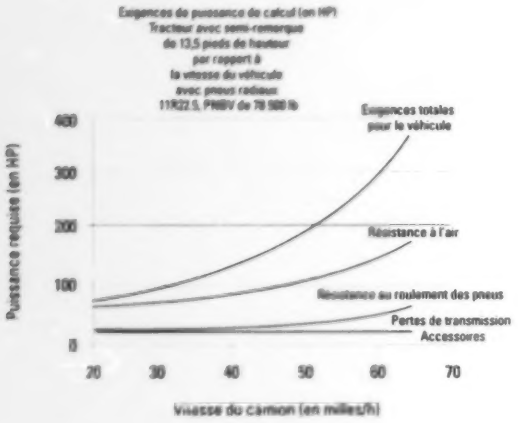
Enfin, de nouvelles technologies mettent l'accent sur la récupération et la réutilisation de l'énergie de freinage. L'énergie est emmagasinée électriquement dans les batteries ou mécaniquement dans les volants ou les accumulateurs hydrauliques; cette énergie est ensuite réacheminée au groupe de transmission lorsque le véhicule a besoin d'une puissance accrue. Des études montrent que ces systèmes peuvent réduire la consommation de carburant de 25 à 30 p. 100 en conduite urbaine et réduire les émissions de 50 à 60 p. 100. Ces systèmes sont complexes et coûteux, mais ils permettent de continuer à utiliser le carburant et les moteurs diesel classiques.

Options d'exploitation des véhicules

Régulation de la vitesse

La régulation de la vitesse des camions est un facteur important influant sur les émissions et la consommation de carburant. La force que doit générer un moteur pour déplacer le véhicule sur la route est fonction des pertes du groupe motopropulseur, de la résistance au roulement et de la résistance à l'air. Comme le montre la **figure 11**, tous ces éléments sont fonction de la vitesse.

Figure 11 | Exigences de puissance et vitesse sur la route



Source : Goodyear, *Factors Affecting Truck Fuel Economy*, 492700-3/93

Comme la résistance à l'air est une fonction exponentielle de la vitesse, la force totale nécessaire (et par conséquent la puissance et la consommation de carburant), est une fonction non linéaire de la vitesse. Il est à remarquer que ces relations valent pour des conditions uniformes de fonctionnement que l'on rencontre rarement en situation réelle. Lorsqu'on ajoute les fluctuations de la vitesse (accélération et décélération) à ces conditions, l'influence de la masse ou du poids nominal brut du véhicule est beaucoup plus grande sur la puissance demandée au moteur. Dans le cas d'un camion type, la résistance à l'air représente la plus grande partie de la charge routière à des vitesses supérieures à 90 km/h (56 milles/h), comme le montre la **figure 11.**

De fait, à mesure que les camions (et les voitures) roulent plus vite, ils demandent plus de puissance au moteur. Cette puissance accrue augmente la consommation de carburant et les émissions, surtout les émissions de NOx. Ainsi, la régulation de la vitesse du véhicule peut jouer un rôle significatif aussi bien sur le plan de la réduction des émissions que de la diminution de la consommation de carburant. Comme le montre le **tableau 12**, les camions plus petits sont plus sensibles aux fluctuations de la vitesse que les camions lourds; par exemple, un camion de 13 600 kg augmente sa consommation de carburant de 28 p. 100 en passant d'une vitesse de 90 km/h à une vitesse de 105 km/h, et il l'augmente de 50 p. 100 en passant de 90 km/hr à 120 km/h. Au Canada, on estime qu'il serait possible de réduire la consommation de carburant de 1 et de 4 p. 100 sur les routes en maintenant une vitesse constante de 105 km/h ou de 90 km/h respectivement.[24] Comme les émissions de NOx sont essentiellement proportionnelles à la consommation de carburant à ces vitesses élevées, on peut donc prévoir des réductions comparables de ces polluants.

Tableau 12 | Effet de la vitesse sur la consommation de carburant des camions (L/100 km)

Vitesse (km/h)	Poids nominal brut du véhicule (en milliers de kg)						
	13,6	18,2	22,7	27,3	31,8	36,4	40,9
120	29	32	34	35	37	38	39
105	25	26	28	30	31	33	34
90	20	21	23	25	26	28	29
Variation (en %) à partir de 90 km/h							
120	50 %	49 %	46 %	42 %	41 %	37 %	33 %
105	28 %	22 %	20 %	20 %	18 %	20 %	16 %
Variation (en %) à partir de 105 km/h							
120	18 %	22 %	21 %	18 %	19 %	15 %	15 %

[24] Taylor, G. et al., *The Potential for GHG Reductions from Improved Use of Existing and New Truck Technology in the Trucking Industry*, National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, 1999.

Congestion

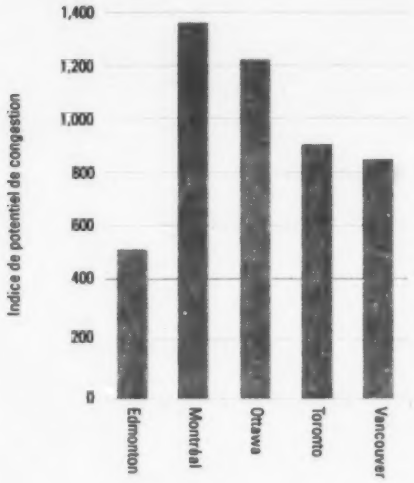
On connaîtrait à une diminution draconienne des émissions et de la consommation de carburant si les véhicules roulaient à des vitesses constantes et ne devaient jamais avoir à s'arrêter. Cet objectif est évidemment utopique, mais la diminution des retards attribuables à nos réseaux routiers est un objectif auquel les ingénieurs du transport consacrent beaucoup de temps et d'argent. Lorsqu'un véhicule accélère à une vitesse donnée sur la route, une quantité appréciable d'énergie est convertie en moment d'inertie du véhicule. Lorsque le véhicule ralentit ou arrête, cette énergie est perdue en raison soit de la résistance du véhicule, soit du serrage des freins. Une fois dissipée, cette énergie n'est plus récupérable. De plus, lorsque le véhicule s'arrête, son moteur continue de tourner et produit des émissions tout en consommant du carburant.

Les réseaux routiers sont destinés à réduire au minimum les arrêts nécessaires. La construction d'autoroutes à accès limité dans les années 50 a constitué un développement majeur visant à réduire les émissions et la consommation d'énergie. Toutefois, en améliorant la vitesse, les autoroutes ont favorisé l'éloignement des gens de leurs lieux de travail. Compte tenu de la croissance démographique et du nombre de propriétaires de véhicules, nos réseaux routiers ont progressivement été surchargés. Aujourd'hui, plus que jamais, assiste-t-on à une congestion de nos réseaux et à des retards imprévus.

Il est difficile de mesurer la congestion des réseaux, car il s'agit plus souvent qu'autrement d'un problème local qui reflète un manque de routes. L'Association des transports du Canada a établi un « indice de potentiel de congestion » pour huit régions urbaines au Canada.[25] Cet indice est exprimé comme étant la distance moyenne d'un parcours multipliée par le nombre de parcours, et divisée par le nombre d'artères ou de voies autoroutières-kilomètres. La **figure 12** présente les résultats obtenus.

Les données indiquent des écarts importants entre les centres urbains mentionnés. Les indices pour Montréal, Ottawa, Toronto et Vancouver sont beaucoup plus élevés que dans le cas des autres régions urbaines.

Figure 12 | **Indices de potentiel de congestion dans des villes canadiennes**



Les conséquences de la congestion ont été analysées récemment dans un rapport financé par Ressources naturelles Canada.[26] Une étude mentionnée dans ce rapport a comparé la consommation de carburant d'une voiture particulière circulant à diverses vitesses de croisière uniformes et effectuant un nombre variable d'arrêts en cours de route.[27] Les données présentées à la **figure 13** montrent que la consommation est la plus faible si le véhicule n'effectue aucun arrêt. Elle est la plus faible et relativement constante dans une plage de vitesses comprises entre 50 et 80 km/h. À une vitesse inférieure, la consommation augmente car le groupe propulseur du véhicule n'est pas optimisé pour des basses vitesses et la résistance des pneumatiques influe davantage sur la demande en énergie. Lorsque la vitesse de croisière est plus grande, la consommation de carburant augmente également en raison d'une résistance supérieure à l'air.

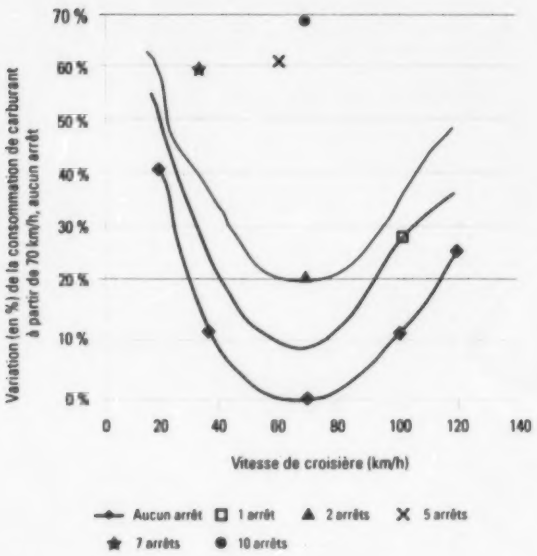
[25] Association des transports du Canada, *Urban Transportation Indicators in Eight Canadian Urban Areas*, Ottawa, juin 1996.

[26] DELCAN Ltd., *Traffic Congestion Impact on CO_2 Emissions in Canada*, Ottawa, Ressources naturelles Canada, Office de l'efficacité énergétique, 1999.

[27] Baker, M., *Fuel Consumption and Emission Models for Evaluating Traffic Control and Route Guidance Strategies*, Kingston, Queen's University, 1994.

Lorsque le véhicule effectue un seul arrêt, la consommation d'énergie augmente de 14 p. 100. Cette augmentation de la consommation s'accroît avec le nombre d'arrêts et elle atteint 68 p. 100 lorsque le véhicule effectue 10 arrêts sur un parcours de 10 kilomètres. L'augmentation de la consommation pour les véhicules lourds n'a pas été mesurée explicitement dans l'étude, mais elle serait proportionnelle à celle des voitures particulières.

Figure 13 | Effet des arrêts sur la consommation de carburant des véhicules légers



Par conséquent, la réduction de la congestion constitue une stratégie clé pour la diminution des émissions atmosphériques. L'accroissement de la capacité routière, la limitation de la demande, un meilleur contrôle de la circulation et l'aménagement d'intersections sans arrêt, comme des ronds-points, sont des techniques pouvant favoriser la fluidité du trafic et la réduction des émissions excédentaires produites.

Poids et dimensions des véhicules

Le Canada est reconnu pour ses analyses économiques et techniques sur lesquelles se fondent nos normes concernant le poids et les dimensions des camions. Cela a fait en sorte que les camions autorisés sur nos routes sont plus gros et plus lourds que ceux autorisés dans la plupart des régions aux États-Unis. Ces limites plus élevées au Canada ont permis aux camionneurs d'accroître leur productivité et d'abaisser les coûts du transport. Les avantages qu'offrent les plus gros camions sur le plan de la consommation d'énergie et des émissions générées ont été présentés à la **figure 9**, qui montre que la consommation d'énergie est grandement influencée par le poids nominal brut des véhicules. Présentement, le Canada autorise sur nos routes la circulation de véhicules d'une longueur maximale de 38 mètres et d'un poids maximal en charge de 62 500 kg. Toutefois, la plupart des camions autoroutiers sont beaucoup plus petits, l'industrie utilisant surtout des véhicules articulés dotés d'un tracteur et d'une semi-remorque de 16 mètres.

Le changement et l'harmonisation du poids et des dimensions des camions sont des questions qui reviennent sans cesse au Conseil canadien des administrateurs en transport motorisé (CCATM). La dernière décennie a connu des augmentations significatives des limites, mais il existe encore des problèmes de compatibilité entre certaines provinces. Il est peu probable que ces limites augmenteront davantage, car cela entraînerait directement des risques de dommages accrus aux ponts et chaussées.

Il est plus probable que des « trains routiers » plus longs seront autorisés, comme cela a été le cas aux États-Unis.[28] Par contre, cela pourrait affecter une petite partie de toutes les activités de camionnage, car la circulation de ces véhicules n'est limitée que sur des routes ayant une géométrie particulière (voies d'accotement larges, grands diamètres de virage, etc.). Selon des données de 1995, on estime à environ 6,1 p. 100 des activités de camionnage celles qui se font par trains routiers sur les principales autoroutes (surtout sans péage) dans les quatre principales provinces où ces véhicules sont autorisés (soit les trois provinces des Prairies et le Québec).[29]

Les avantages des longs trains routiers ne sont pas seulement au niveau des coûts d'exploitation réduits pour l'exploitant, mais aussi au niveau de la réduction globale de la consommation d'énergie et des émissions

[28] Les États-Unis cependant n'ont pas augmenté les limites de poids par essieu comme au Canada.

[29] Taylor, G. et al., *The Potential for GHG Reductions from Improved Use of Existing and New Truck Technology in the Trucking Industry*, National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, 1999.

générées; aussi, ce mode de transport permet une réduction nette du nombre de véhicules sur la route. Si le réseau actuel était élargi, on a estimé à environ 6,1 p. 100 de toutes les activités de transport celles qui se feraient par trains routiers sur les routes principales de la Colombie-Britannique, de l'Ontario et de la Nouvelle-Écosse. Le nombre de kilomètres parcourus par les véhicules (vk) entre le Québec et l'Ontario serait d'environ 1,3 million, comparativement à 2,6 millions si on conservait les véhicules standard de 16 mètres (53 pieds) actuellement exploités sur cette liaison. En ce qui a trait aux économies d'énergie réalisables, on estime que la consommation de carburant diesel pourrait diminuer d'un peu moins de 0,1 p. 100, et que les émissions de NOx pourraient diminuer d'une valeur comparable.

Construction et entretien des routes

La conception et la qualité des revêtements routiers influent sur les émissions des véhicules, en faisant varier la puissance requise pour déplacer le véhicule sur la route. Une surface lisse et dure offre moins de résistance au roulement qu'une surface meuble ou rugueuse. Au Canada, les routes dans les zones urbaines sont généralement de grande qualité et sont faites d'asphalte ou de béton. En hiver, les deux types de surfaces ont un comportement identique et sont rigides. En été toutefois, lorsque la température est élevée, les surfaces asphaltées deviennent plus malléables et augmentent la résistance au roulement, surtout dans le cas des camions et des autobus lourds. L'effet de cette malléabilité se manifeste par la formation d'ornières sur certaines de nos principales routes asphaltées.

Les écarts de dureté entre les chaussées en asphalte et les chaussées en béton ont été mesurés sur des tronçons d'autoroutes interurbaines dans des conditions de vitesse constante.[30] Dans la plupart des conditions de température, les écarts mesurés étaient minimes entre les deux types de revêtements. Cependant, par temps chaud, on a calculé une diminution de 8 p. 100 de la consommation de carburant sur le revêtement de béton par rapport au revêtement d'asphalte. L'effet de la différence de la chaussée à plus basse vitesse en conduite urbaine n'a pas été mesuré, mais il est probablement plus marqué car la chaussée asphaltée dans les villes a plus de temps pour se déformer.

De la même façon, la rugosité de la chaussée augmente la résistance au roulement, ce qui accroît la consommation de carburant et les émissions générées. Au cours des mêmes essais, on a établi qu'une surface lisse permettait de réduire la consommation de 10 p. 100 comparativement à une surface rugueuse. Ainsi, le maintien en bon état de la chaussée par de fréquentes réparations ou de fréquents resurfaçages peut jouer un rôle prépondérant dans la réduction des émissions. Comme les avantages se font sentir toute l'année, une chaussée lisse constitue un facteur plus important que son type de revêtement.

Formation des conducteurs

La réglementation sur les émissions vise à contrôler et à réduire le plus possible les niveaux d'émission dans tous les régimes de conduite, sans tenir compte du conducteur, mais le rendement de ce dernier peut aussi avoir un effet sur la consommation de carburant et la génération d'émissions des camions. Comme on l'a vu antérieurement, la gestion de la vitesse et la réduction du nombre d'arrêts – par une bonne planification de l'itinéraire et une conduite prévoyante – peuvent réduire considérablement la consommation d'énergie et les émissions produites. Des études ont démontré que le comportement du conducteur (par exemple la différence entre la conduite passive et la conduite agressive), même si la conduite se fait selon des modes prescrits, tels le cycle officiel de mesure d'émissions, peut faire fluctuer de 5 p. 100 la consommation d'énergie et les émissions. Lorsque cet effet est ajouté à la régulation de la vitesse maximale et de la vitesse en régime de ralenti, on a estimé qu'une meilleure formation des conducteurs et une meilleure gestion du véhicule par le conducteur pouvaient se traduire par des réductions moyennes de 10 p. 100 sur le plan de la consommation de carburant et des émissions produites.[31]

[30] Conseil national de recherches du Canada, *Effect of Pavement Surface on Heavy Truck Fuel Consumption*, préparé pour l'Association canadienne du ciment, Ottawa, 1999.

[31] National Climate Change Program, Transportation Table, Trucking Sub-Group, *Environmental Awareness and Outreach Measures to Reduce GHG Emissions from the Trucking Sector*, August 1999.

La plupart de ces réductions de consommation et d'émissions seront possibles à mesure que se généralisera l'utilisation d'ordinateurs de bord « intelligents » et de moyens de transmission de données en temps réel entre les véhicules et les sièges sociaux des entreprises. Ces technologies limiteront automatiquement l'enveloppe opérationnelle du conducteur ou augmenteront la capacité de surveillance de la direction. De plus, les systèmes des groupes motopropulseurs des véhicules deviendront moins sensibles aux erreurs du conducteur dans son choix des rapports de vitesses. Pour le moment, les propriétaires et les exploitants de camions ont besoin de soutien à la formation et de méthodes de gestion simples et efficaces pour savoir qui conduit le véhicule et comment. De cette façon, ils seront en mesure de réduire au minimum les émissions et la consommation de carburant de leurs véhicules.

Les procédés d'impression utilisés dans la production du présent document sont conformes aux normes de performance environnementale établies par le gouvernement du Canada dans le document intitulé *La directive nationale concernant les services de lithographie*. Ces normes servent à garantir l'intégrité environnementale des procédés d'impression grâce à la réduction des rejets toxiques dans l'environnement, à la réduction des apports d'eaux usées, à la réduction de la quantité de matières envoyées dans les décharges et à la mise en œuvre de procédures de préservation des ressources.

Le papier utilisé à l'intérieur de ce document est conforme à *La ligne directrice nationale du Canada sur le papier d'impression et le papier à écrire* ou à *La ligne directrice sur le papier d'impression mécanique non couché* (ou aux deux). Ces lignes directrices servent à établir des normes de performance environnementale pour l'efficience dans l'utilisation des fibres, la demande chimique en oxygène, la consommation d'énergie, le potentiel de réchauffement de la planète, le potentiel d'acidification et les déchets solides.

Les procédés d'impression et le papier utilisé à l'intérieur de ce document sont dûment certifiés conformément au seul programme d'éco-étiquetage du Canada – le **programme Choix environnemental**[M] (PCE). Le symbole officiel de certification du programme – l'**Éco-Logo**[M] – évoque trois colombes stylisées entrelacées pour former une feuille d'érable représentant les consommateurs, l'industrie et le gouvernement œuvrant ensemble pour améliorer l'environnement du Canada.

Pour plus d'informations sur le **programme Choix environnemental**[M], veuillez visiter le site Web à l'adresse **www.environmentalchoice.com** ou téléphonez le responsable du programme au (613) 247-1900.

La Section de la mise en valeur de la technologie d'Environnement Canada est fière d'appuyer la norme de performance touchant l'environnement et la qualité et l'emploi de papier certifié dans le cadre du **programme Choix environnemental**[M] et de produits et de procédés respectueux de l'environnement, depuis l'élaboration jusqu'à la distribution de produits d'information. Pour obtenir un exemplaire du catalogue *Environnement Canada : Publications et sites Internet choisis*, veuillez communiquer avec nous, sans frais, en composant le 1 800 734-3232 ou (819) 953-5750; par télécopieur au (819) 994-5629 ou par courriel à l'adresse **epspubs@ec.gc.ca**. Pour plus de renseignements sur Environnement Canada, veuillez visiter le site Web du Ministère à **www.ec.gc.ca**.